

**МІНІСТЕРСТВО НАУКИ ТА ОСВІТИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
Кафедра ІВТС**

**КУРС ЛЕКЦІЙ
з дисципліни:
«Інформаційно-вимірювальні комплекси»**

Лектор: Григоренко І. В.

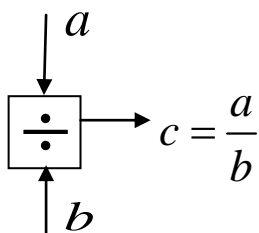
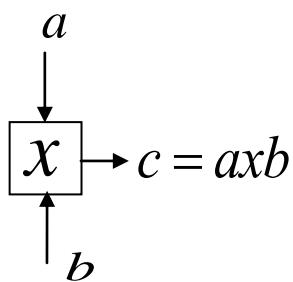
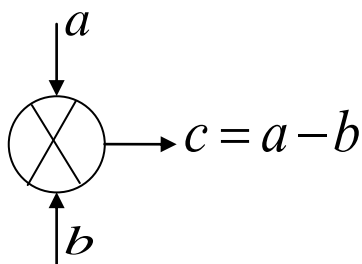
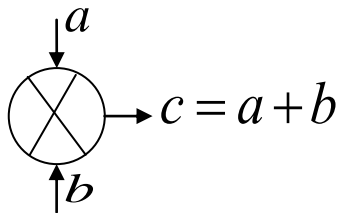
Харків 2008

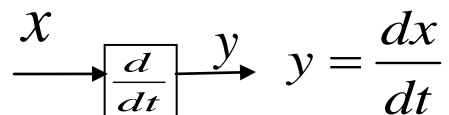
Лекція 1. Основні визначення теорії ІВК


Терминология курса:

ИИС – інформаційні вимірні системи;
ІВК – вимірні обчислювальні комплекси;
ИК – вимірний канал;
ИП – вимірний перетворювач;
СИТ – засіб вимірної техніки (СИТ=СИ+Эт+ИУ);
СИ – засіб вимірювання;
Эт – еталони;
ИУ – вимірне пристрій;
НМХ – нормовані метрологічні характеристики;
ТХ – точнісна характеристика;
ПИП – первинний ИП (сенсор)

Обозначения структурных элементов систем

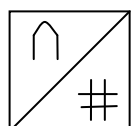


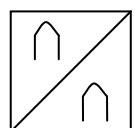


 – Аналоговый *СИГНАЛ*

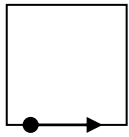
 – Цифровой сигнал

 – Измерительный преобразователь

 – ИП аналоговой величины в цифровой

 – ИП аналогового сигнала в аналоговый

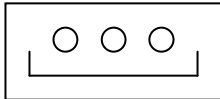
 – ИП цифровой величины в аналоговый



—первичный ИП



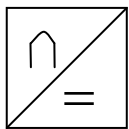
—измерительный аналоговый прибор



—цифровой измерительный прибор



—генератор



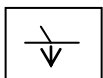
—ИП аналоговой величины в цифровую



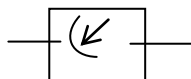
—усилитель



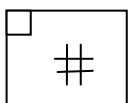
—исполнительный механизм



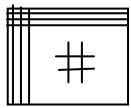
—аналоговый коммутатор



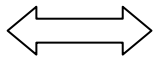
—механический аналоговый коммутатор сигнала



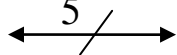
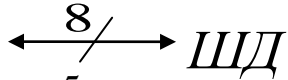
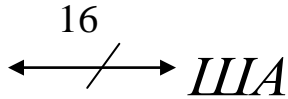
—цифровое запоминающее устройство



—контройлер



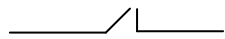
—система шин



Др. обознач.
систем шин



—размыкающий контакт



—закрывающий контакт

Термины и определения по ДСТУ 2681-94

Физическая величина — это свойство общее в качественном отношении для многих физических объектов (физ. системы и процессы), но в количественном отношении индивидуальная для каждого.

Физическая величина первого рода — это качественная характеристика свойств объектов (теплее — горячее, тяжелее — легче).

Физическая величина второго рода — это величина, размеры которой могут складываться и вычитаться, но не могут умножаться и делиться (время).

$$t^{\circ}\text{C} = (t^{\circ}\text{F} - 32)5/9$$

Физическая величина третьего рода — это величины, которые могут делиться и умножаться.

Размер ФВ — это количественное содержание ФВ в данном объекте.

Значение ФВ — это оценка ФВ в виде некоторого числа принятых для неё единиц.

$$\frac{Q}{[Q]_{\text{ед}}} = q(\text{число})$$

Абсолютная погрешность:

$$\Delta x = \pm (x_{\text{изм}} - x_{\text{действ}})$$

Относительная погрешность:

$$\delta x = \pm \frac{\Delta x}{x_{\text{действ}}} \approx \pm \frac{\Delta x}{x_{\text{изм}}}$$

Приведенная погрешность:
$$\gamma_X = \pm \frac{\Delta X}{X_N}$$

Отображение – это процесс определения неизвестных характеристик объектов и их совокупности.

Измеряемая величина – ФВ или параметры её зависимости, которые подвергаются измерению в основном в процессе отображения:

Счет – это отображение численных свойств совокупности материальных объектов числом.

Измерение – отображение измеряемых величин их значениями путём эксперимента и вычислений с помощью специальных технических средств.

Контроль – это отображение ФВ числом и сравнение её с заданным предельным значением. Результатом измерения всегда является число; результатом контроля является логический вывод.

Диагностика – это отображение общего состояния объекта с постановкой диагноза состояния. При диагностике локализуется место неисправности.

Опознавание образов – отображение данного объекта, совокупности его свойств одним из возможных кластеров состояния.

Измерительная операция (ИО) – это операция с ФВ или их значениями во время измерения.

К ИО относят:

1. воспроизведение (реализуется с помощью эталона);
2. сравнение (реализуется с помощью компаратора);
3. измерительные преобразования (с помощью интегральных и масштабных преобразователей).

Средства измерения (СИ) – это средства, реализующие процедуру измерения (полностью) от начала до конца. К ним относятся:

- 1 кодовые СИ;
- 2 регистрирующие СИ;
- 3 измерительные приборы;
- 4 измерительные каналы;
- 5 измерительные системы.

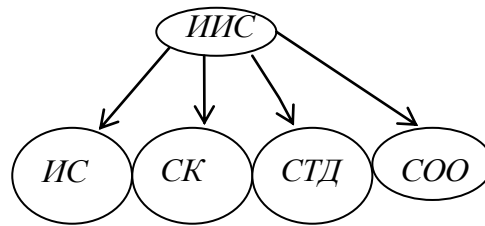
Измерительное устройство – это СИТ, в которых выполняется одна или несколько составных частей измерения. К ним относят:

- 1 меры ФВ;
- 2 компараторы;
- 3 ИП (первичные, масштабные);
- 4 вычислительные компоненты.

Измерительный канал – это совокупность СИТ, средств связи и др. технических средств для получения количественной информации об одной ФВ.

Измерительная система – это совокупность СИТ, средств связи и др. технических средств для получения количественной информации о нескольких ФВ.

ИИС – кроме процедур измерения реализует и другие информативные процедуры – процедуры отображения (счет, контроль, диагностика).



Метрологическая характеристика – это характеристика СИТ нормируемая для полученного результата измерения и его погрешности.

8.401-80 – Классы точности СИ

8.009-84 – Нормируемые метрологические характеристики СИ.

Функция преобразования – это зависимость между выходной и входной величинами. (Реальная отличается от номинальной).

Градуировочная характеристика – зависимость между выходной и входной величинами, полученная в результате градуировки прибора.

Класс точности – обобщенная характеристика СИ, определяемая пределами допускаемой основной и дополнительной погрешности, а также другими свойствами СИ влияющими на точность, значение которой устанавливают в стандартах на отдельные виды СИ для данного вида СИ.

$$\delta x = \pm \left[c + d \left(\frac{x_i}{x_n} \right) - 1 \right]$$

Лекція 2. Класифікація ІВК.

Классификации ИИС, типовые и обобщенные структуры ИИС, схема ИИС.

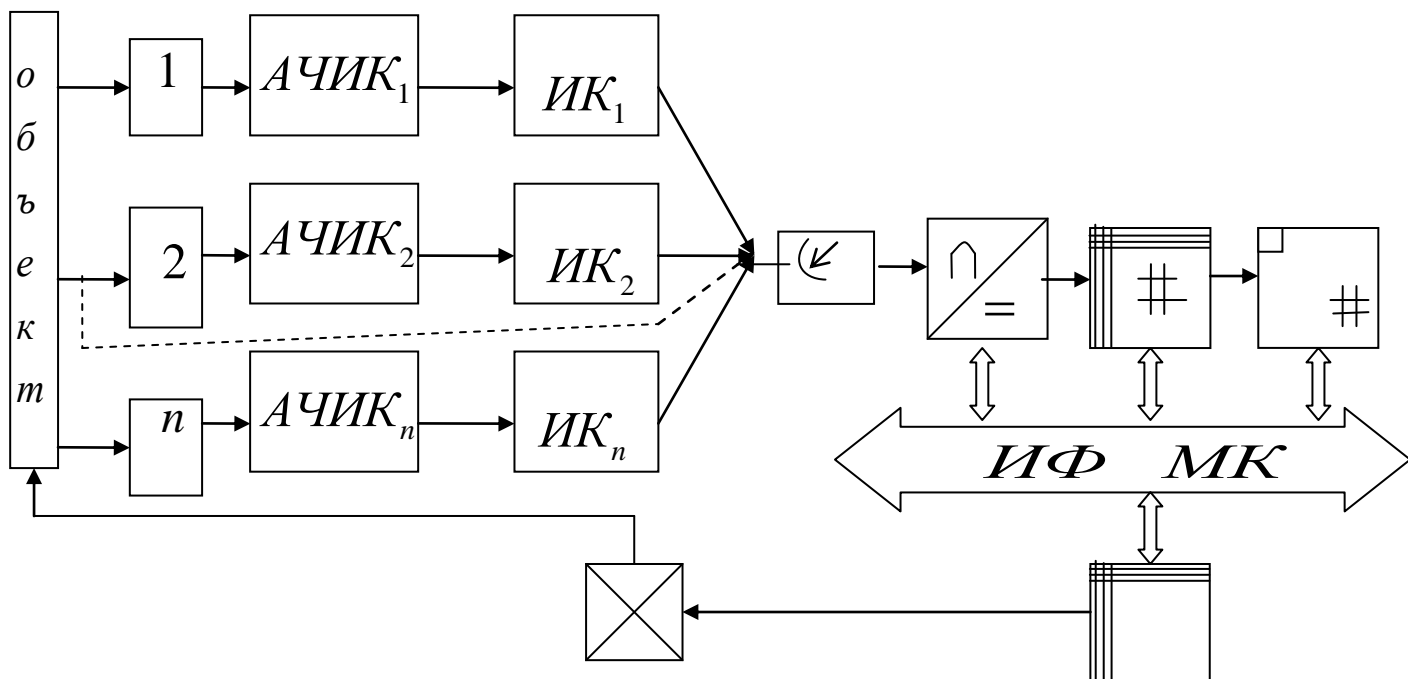
ИИС реализует информационные и измерительные операции.

ДСТУ 26.81-91 показывает, что информационные системы реализуют процедуры отображения свойств объектов.

№	Классификационный признак	Тип ИИС
1	По назначению	ИС, СК, СД, СОО
2	По типу сигналов	Аналоговые и цифровые
3	По размещению в пространстве	Ближнего действия и телеметрические ИИС
4	По степени специализации	Универсальные, базовые и специализированные
5	По степени автономности	Автономные и в составе др. систем
6	По степени унификации	Широкого применения, специальные системы
7	По типу структуры	Последовательные, параллельные, мультиплицированные, сканирующие
8	По степени автоматизации	Автоматизированные, автоматические

Особенности ИИС:

1. Распределенность в пространстве.
2. Высокие требования к точности.
3. Высокий удельный вес косвенных и динамических измерений.
4. Высокий удельный вес операции первичной обработки информации (усиление сигнала, нормирование сигнала, фильтрация помех, сжатие информации, калибровка каналов, самотестирование).
5. Динамический характер измерений.
6. Наличие вычислительного ядра и иерархической структуры.
7. Работа в реальных условиях функционирования объекта.



Обобщенная схема ИИС

ИИС является сложной системой, состоящей из:

- 1) Измерительная система.
- 2) Вычислительная система.
- 3) Система управления.
- 4) Каналы передачи информации.

В измерительную часть входят:

- первичные преобразователи;
- нормирующие усилители;
- усилители мощности;
- фильтры;
- АЦП;
- коммутаторы (аналоговые и цифровые).

Таким образом, можем выделить три показателя точности ИИС.

1. Точность измерительной части – классическое понятие;
2. Точность вычислительных функций – метрология вычислительных операций;
3. Точность выполнения управляемых функций.

Технические средства, реализующие ИИС, зачастую создаются различными фирмами-производителями. Возникает задача соединения составных частей ИИС. Для этой цели используются интерфейсы. Разработка любой системы начинается с выбора интерфейса, свойства выбранного интерфейса определяют свойства системы.

Интерфейсы можно разделить на:

1. Интерфейс измерительной части: интерфейс объекта.
2. Интерфейс сигналов: сигналы, передающиеся по этому интерфейсу подвергаются обязательному нормированию.
3. Машинный интерфейс. Интерфейс средств измерений.
- 4.

Лекция 3. Интерфейсы ИВК.

ГОСТ 26.016-81 Интерфейсы средств измерения и систем автоматизации.

Интерфейс ИФ – это совокупность правил обмена информацией (протокол обмена) технических средств, реализующих процедуру обмена (разъёмы, кабели, соединительные провода), программные средства, реализующие информационный обмен.

Функции интерфейса:

1. Распознавание адреса информации;

2. Синхронизация обмена информации;
3. Согласование форматов данных информационных подходов.

В системе различают 3 вида интерфейсов:

1. Внутриблочный интерфейс ВБИ
2. Межблочный интерфейс МБИ
3. Внешние интерфейсы.

В зависимости от уровня положения системы различают функциональные элементы:

1. Функциональный элемент «0»-го уровня. Любая плата имеет интерфейс.
2. Функциональный элемент «1»-го уровня (контроллер, МП)
3. Функциональный элемент «2»-го уровня (конструктивные элементы: каркасы, навесные шкафы).

Тема 4.Класифікація інтерфейсів

1. По способу организации шин ИФ:

- ИФ с отдельными шинами;
- ИФ с совмещёнными шинами.

2. По типу структуры ИФ:

- магистральные структуры;
- радиальные структуры;
- магистрально-радиальные структуры;
- цепочечные структуры;
- с древовидной структурой.

3. По способу синхронизации процесса обмена:

- асинхронные ИФ;
- синхронные ИФ.

4. По способу передачи информации:

- с последовательной передачей;
- с параллельной передачей;
- со смешанным способом передачи.

5. По числу уровней централизации ИФ:

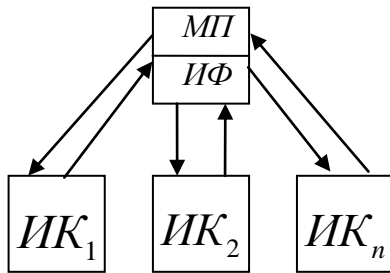
- одноуровневые ИФ;
- двухуровневые ИФ.

6. По режиму связи:

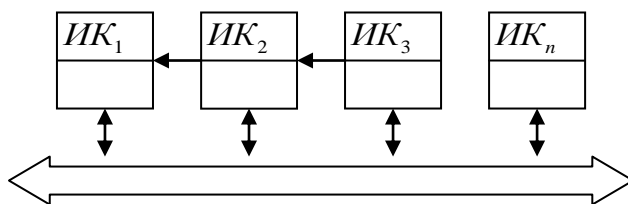
- симплексная связь;
- полудуплексная связь;
- дуплексная.

Типовые схемы ИФ

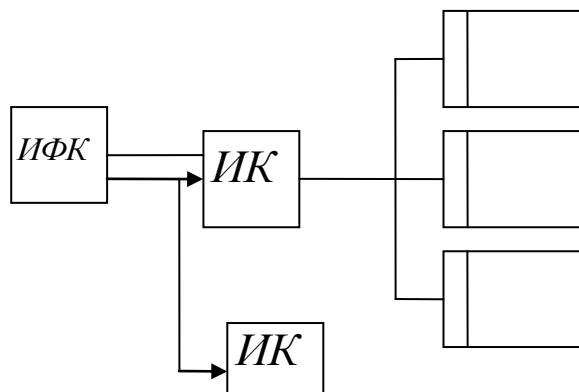
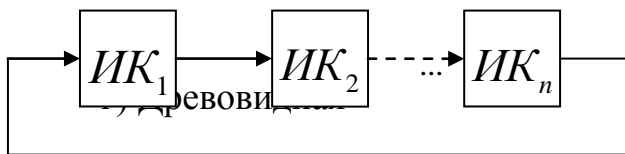
а) Радиальный ИФ



б) Магистральная



в) Цепочечная



Лекція 5. Приборний інтерфейс. Інтерфейс версія RS 232

ГОСТ 26.00.3-80

Приборний інтерфейс – это:

- а) ИФ с одним уровнем централизации;
- б) ИФ с отдельными шинами даних и управління;

- в) ИФ со структурой магистрального типа;
- г) с асинхронным режимом обмена;
- д) ИФ с битпараллельной, байтпоследовательной передачей информации.

В процессе обмена функциональные блоки в составе агрегатных технических средств разделяются на следующие блоки:

1. функциональные блоки управления (ФБУ) (контроллеры, МП);
2. функциональные блоки приёмники информации (ФБПИ);
3. функциональные блоки источники информации (измерительные средства, устройства хранения информации);
4. функциональные блоки приемники-источники информации (ФБП – ФБИ).

Все эти блоки имеют выход на общую информационную магистраль, иногда ее называют каналом общего пользования (КОП), который содержит систему шин.

Приборный ИФ – это канал общего пользования, который допускает к устройству управления до 16 функциональных блоков, максимальное удаление не превышает 15 м.

Для подключения используется локальная система. Система магистральных шин включает три подсистемы:

- Шины данных (ШД);
- Шины сопровождения (ШС);
- Шины управления (ШУ).

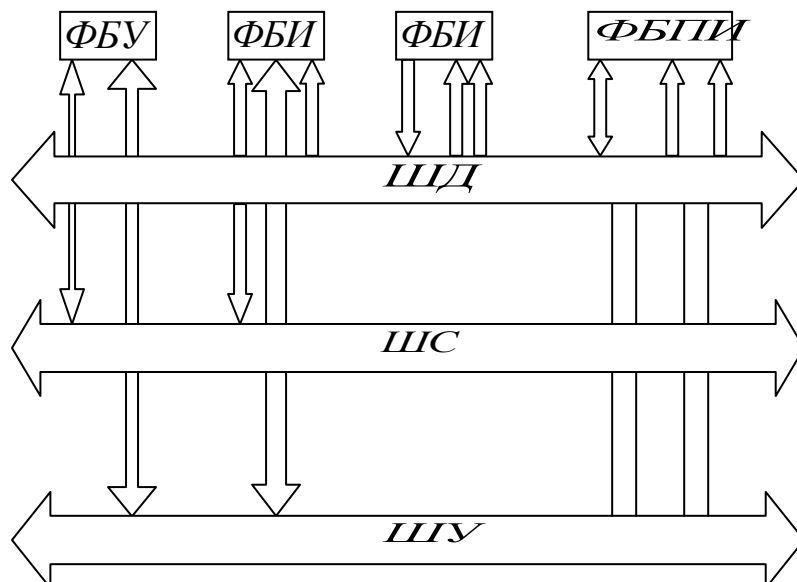
По ШД может передаваться информация по адресу и имени блоков или ячеек памяти и команды.

Т.к. 3 вида информации передаются по одной системе шин, то организуются специальные сигналы для различения видов информации.

ШС позволяют организовать обмен, в процессе обмена (в начале и конце) выдаются сигналы сопровождения и подтверждения (например, квитанция при получении багажа).

ШУ позволяют подавать сигналы организованно (в определенном порядке)

Структурная схема приборного интерфейса.



Приборный стандартный интерфейс (МЭК)

Интерфейс обеспечивает работу системы:

- 1) система с одним уровнем централизации;
- 2) системы, которые имеют отдельные информационные шины и шины управления;
- 3) реализует бит последовательный и бит параллельный обмен информацией;
- 4) не регламентирует типы работающих в системе ЭВМ, а также конструкцию и питание приборов объединенных в систему;
- 5) соединение функциональных блоков осуществляется через магистральный канал общего пользования (общей длиной не более 20 м), число блоков присоединенных к магистральному каналу должно быть не более 15 (общее число адресоприемников не более 31) при однобитной регистрации и 961 при двухбитной.

Магистральный канал состоит из 18 линий 8 из которых (ЛД0 – ЛД7) используют для последовательной побайтной передачи информации (адрес, команда, данные), а следующие 10 для передачи сигнала общего управления.

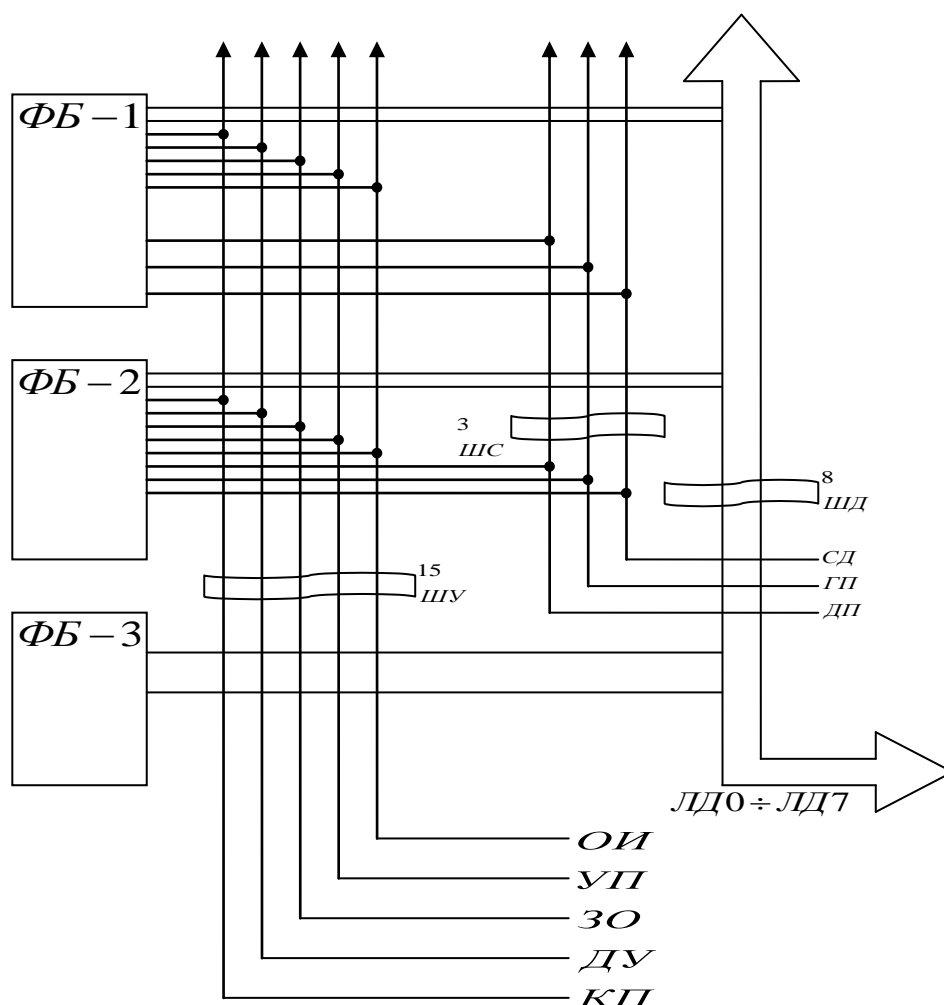
Шина управления объединяет 5 линий, шина синхронизации – 3 линии. Максимальная скорость обмена информацией равна 1 Мбайт\с. Управление передачей информации по линии шины данных осуществляется по трем линиям, по одной линии идет готов к приему ГП, данные приняты ДП, сопровождение данных СП.

Высокий уровень активности линий обозначается логической «1», а низкий уровень – «0».

Любое устройство становится источником информации, если его адрес помещается на шину данных.

В ИС данные представляются стандартным кодом в виде последовательности байт, каждый обмен должен быть завершен прежде чем начнется следующий.

Рассмотрим работу шины синхронизации.



ОИ – очистить интерфейс;
 УП – управление;
 ЗО – запрос на обслуживание;
 ДУ – дистанционное управление;
 КП – конец передачи.

Передающее устройство переводит линию СД в уровень логического «0», указывая достоверность байта на ШД при этом обязательно высокое состояние линии ГП, что свидетельствует о том, что передаваемая информация принята и обработана ДП в состоянии логического «0» означает конец приема информации при этом СД в логическом «0» и ПП тоже в «0».

Линия ПП – это линия обмена между источником и приемником информации. ГП переходит в «1» при окончании выдачи сигнала на линии ДП.

ШУ используется для обмена управления сигналом между процессором и всеми другими устройствами, с помощи специальных линий.

Выдача сигнала на линию УП осуществляется процессором, если на линии логического «0» все устройства переходят в режим ожидания и только контролер может передавать информацию, если УП логическая «1» обмен информации осуществляется между устройствами, которые были обозначены при УП = «0». На передачу включается не более одного устройства.

КП устанавливается в «0» одновременно с передачей последнего байта информации ОИ = «0» прекращается работа по магистральному каналу.

Если ОУ = «0» устройство переключается на внешнее дистанционное управление, если ДУ = «1» устройство находится под внешним управлением.

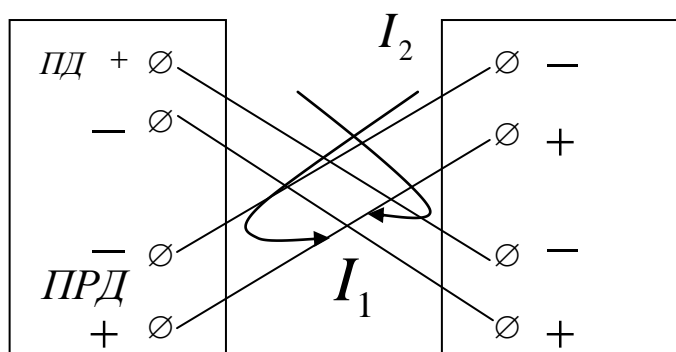
ЗО = «0», если какое либо устройство посылает процессору запрос на обслуживание.

Стандарт МЭК разработан на основе известного приборного интерфейса IEEE 488 и устанавливает основное требование на информационную совместимость электрических измерительных устройств.

Интерфейс радиального типа последовательной связи ИРПС (версия RS 232)

ИФ радиального типа последовательной связи, предназначен для организации управления и обмена информации в системах автоматизации и управления рассредоточенными объектами.

ИФ обеспечивает сопровождение двух устройств по типу «точка-точка». ИРПС обеспечивает битпоследовательный, полудуплексный режим передачи информации по двум однонаправленным линиям связи.



от УСТ 1 ПД (+) л.св. → ПРД (—) → ПРД (+) → л.св. → ПД (—) петля связи

Общая характеристика ИФ

1. Имеет один уровень централизации.
2. ИФ последовательного типа.
3. Способ передачи последовательный (старт-стопный). Режим связи полудуплексный.
4. ИФ асинхронного типа.
5. Устройства сопрягаются между собой посредством канала передачи информации (КПИ).
6. Передача информации осуществляется во время сеанса связи, при этом одному из устройств присваивается статус главного, а второму – подчинённого.
7. ИФ предусматривает операцию выбора устройств на право занятия КПИ с учётом их приоритета.

Основные характеристики ИФ ИРПС

1. ИФ обеспечивает передачу информации токовыми сигналами:
 $I_{(1)} \rightarrow 25 \text{ мА}$

$$I_{(0)} \rightarrow 3 \text{ мА}$$

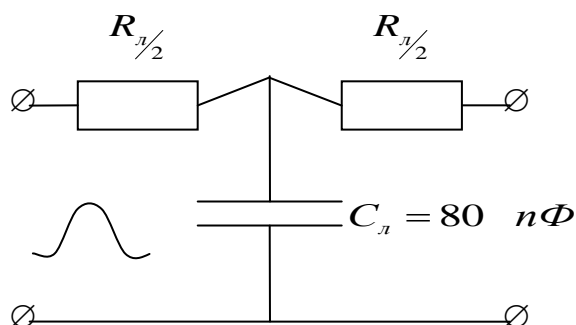
При наличии тока $I_{(0)} \neq 0$ обеспечивает контроль обрыва линии связи (в случае обрыва ток не протекает).

2. Номинальное значение напряжения изоляции: $U_{из} \leq 500 \text{ В}$.

3. Напряжение на клеммах приёмника данных $U_{прд} = 2,5 \text{ В}$.

$$4. \quad R_{вхПРД} = \frac{2,5 \text{ В}}{25 \text{ мА}} = 0,1 \cdot 10^3 = 100 (\text{Ом})$$

5. Длительность фронта импульса



6. Параметр линии связи (ЛС)

$$C_{п} = 80 \text{ пФ/м}$$

$$L_{л.св.} = 1 \text{ км} = 1000 \text{ м}$$

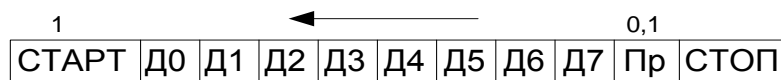
$$C_{л} = 80 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3 = 80 \text{ пФ}$$

$$\tau_{ф1ПД} \leq 5 \cdot 10^{-6} = (5 \text{ мкс})$$

$$\tau_{ф2ПРД} \leq 25 \cdot 10^{-6} = (25 \text{ мкс})$$

Логическая организация ИФ

Во всех последовательных ИФ, в том числе и телеграфе, передача осуществляется старт-стопным режимом.



$Д_1 \dots Д_7$ – данные

Пр – проверка на четность

Стартовый признак → Данные → Проверка на четность → Стоп признак

В каждом сообщении обычно передается 256 байтов, такой пакет байтов называется файлом. Этот файл в свою очередь защищается кодами. Данный текущий момент времени передается только 1 сообщением.

Основные сигналы ИФ

ANT – внимание;

IFC – установка исходного положение (очистка);

SRQ – запрос на обслуживание (флажок запроса);

REN – дистанционное управление (сигнал передачи управления внешнему устройству);

EOI – конец индикации, сигнал распознавания – это процедура в результате которой устанавливается вид сигналов.

Сигналы сопровождения

DAN – данные действительны

NRED – сигналы не прочитаны

NDAC – сигналы не приняты

Обозначения управляющих сигналов

AP1 – символ назначения;

KTM – запрос связи;

ДА – положительный ответ;

НЕТ – отрицательный ответ;

КТ – конец такта;

КП – конец передачи;

НТ – начало такта.

Форма приема файла

А	Н	Т		А	К	К
Р1	Т	КС		Р1	Т	П

С (бит/с)	L л.св.
19200	250
9600	500
4800	1000
2400	2000
1200	4000
600	10000
300	16000

L л.св. – длина линии связи.

Организация процесса обмена информации

Обмен информации происходит в 2 фазы:

1. установление связи;
2. фаза передачи информации.

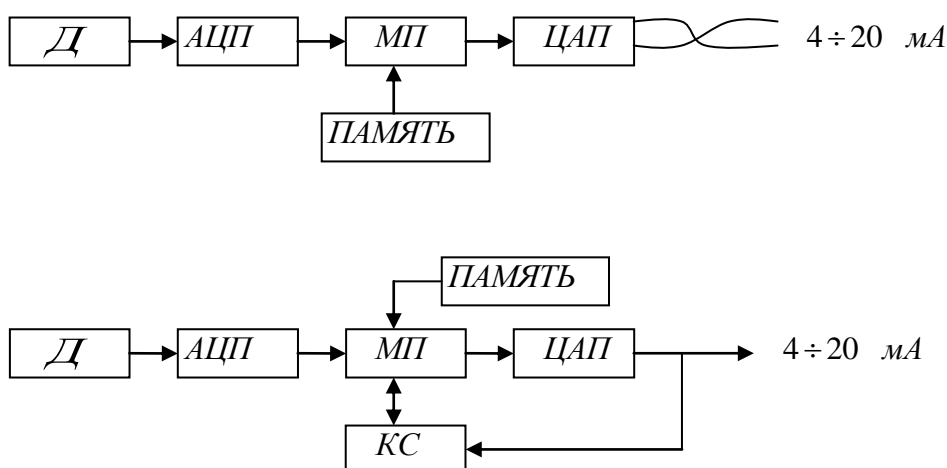
До начала обмена информации оба устройства находятся в нейтральном положении. Это подразумевает, что включены источники питания и проведено тестирование канала передачи информации. В нейтральном положении устройство постоянно контролирует наличие признака передачи. При наличии признака «прием» устройство должно принять из КПИ управляющую последовательность AP1 KTM. Если управляющая последовательность опознана принимающим устройством, то в КПИ выдается последовательность AP1 ДА или AP1 НЕТ. При наличии ответа ДА связь установлена, при этом принимающее устройство приобретет статус подчиненного, после этого начнется передача информации. При передаче информации передатчик передает отдельное число байтов информации. На приемной стороне подсчитывается контрольная сумма, если она совпадает с числом

переданных байтов, то выдается сигнал АР1 КП – конец передачи. При появлении сигнала АР1 НЕТ в фазе установления связи выполняется 3 попытки выдачи сигнала АР1 КТМ. При третьем ответе НЕТ – система зависает и требует вмешательства оператора.

ИФ “токовая петля”

Передатчик преобразовывает ток первичного преобразователя в ток линии связи. За нулевую точку шкалы ИП принимают ток равный 4 А.

Схема с использованием ИФ “токовая петля”



Наличие МП АЦП позволяет управлять процедурой предварительной обработки информации:

- компенсировать температурную погрешность;
- линеаризовать характеристику;
- компенсировать смещение нуля.

Компенсационные преобразователи

До недавнего времени измерительные приборы состояли из небольшого количества звеньев. В результате усложнения измерительной задачи, т.е. повышения точности, быстродействия, чувствительности, автоматизации измерительных величин; структура измерительных устройств непрерывно изменяется, усложняется, содержит большое количество звеньев.

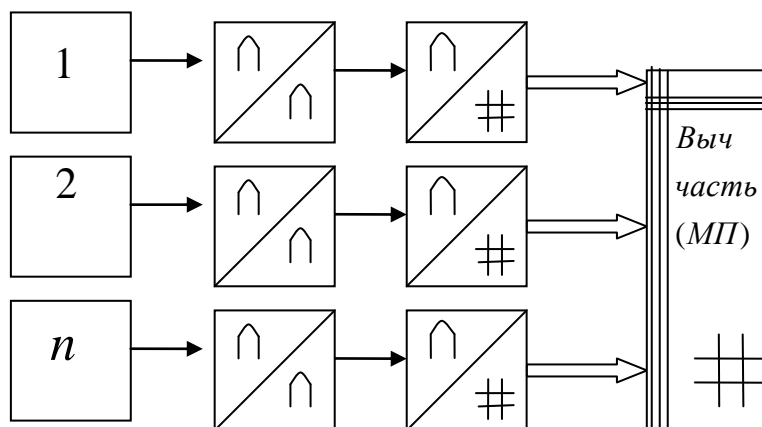
Лекція 6. Основні структури ІВК ІВС.

Типовые структуры ИИК

1) Параллельная

Преимущества: быстродействие, надежность.

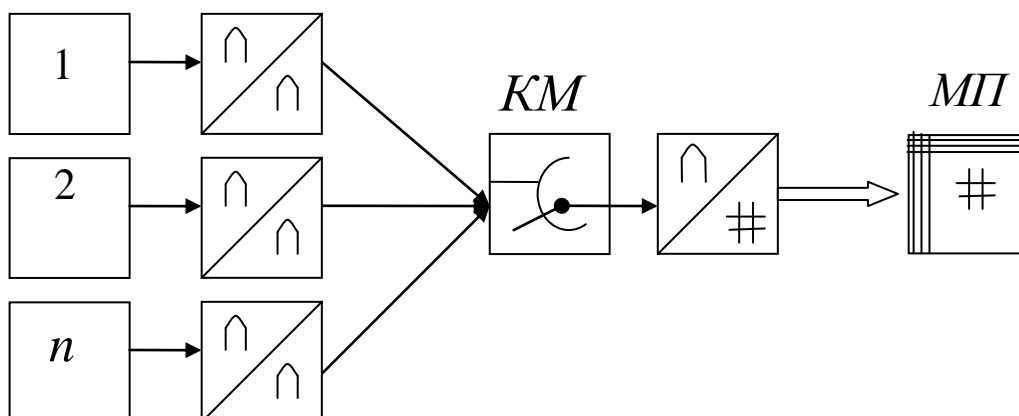
Недостаток: высокая избыточность и стоимость.



2) Последовательная

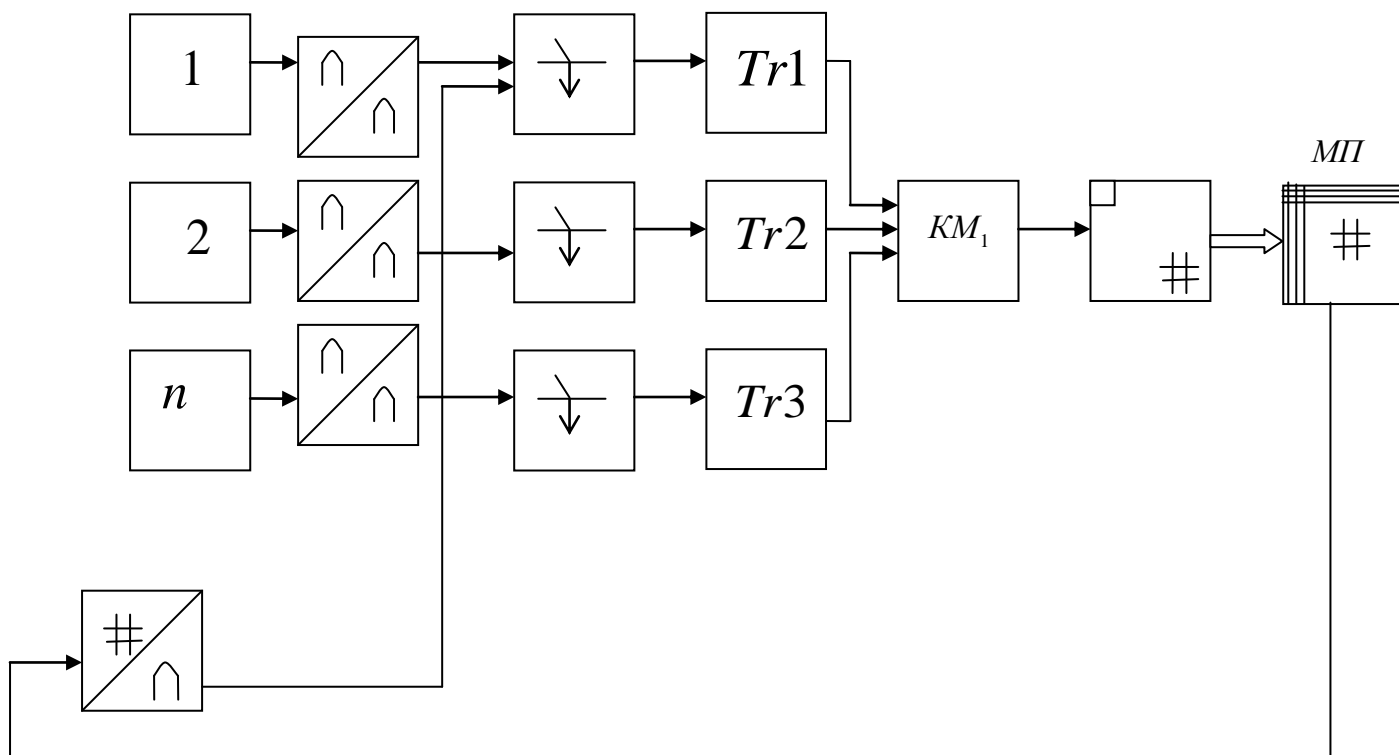
Преимущество: экономичность.

Недостатки: низкое быстродействие и надёжность.

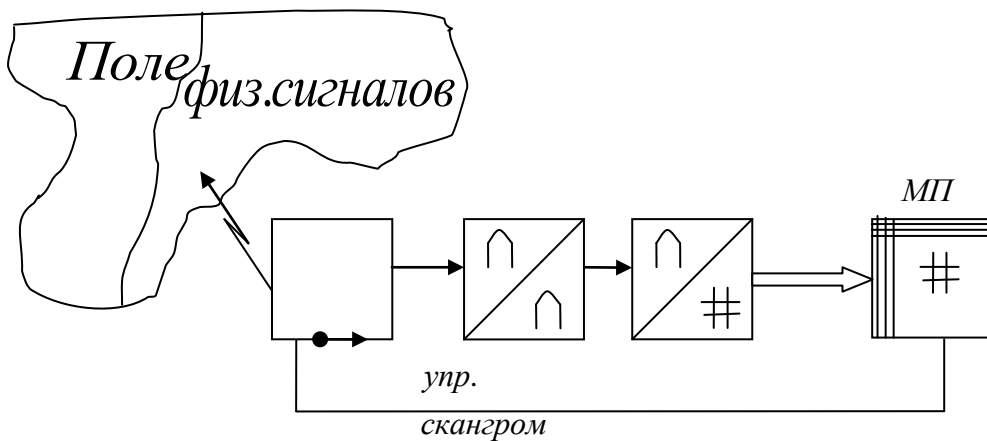


3) Мультиплицированная

. Квантовый сигнал – U_0 занимает промежуточное место по быстродействию, сравнительно точная система. Недостаток: возможность наложения момента срабатывания.



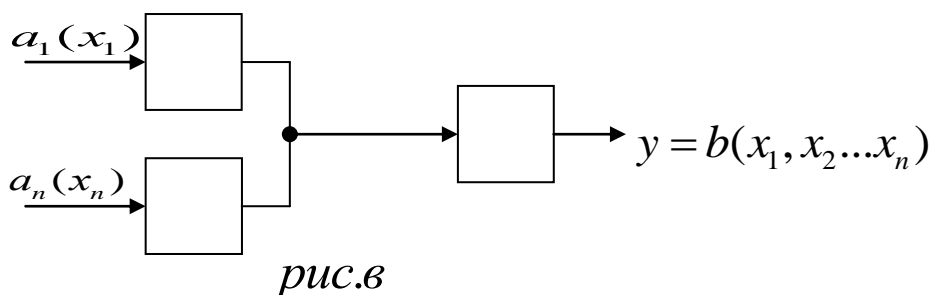
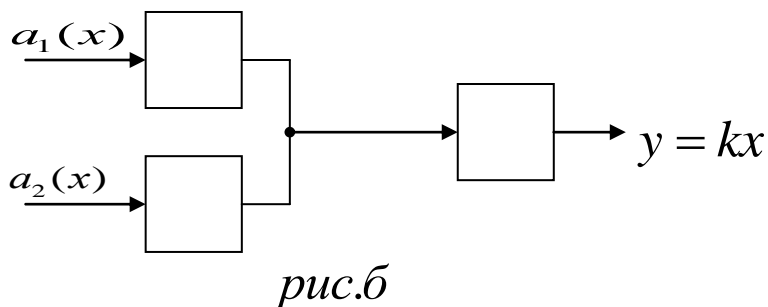
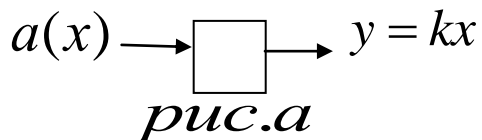
4) Сканирующая.



Лекція 7. Основні структури та характеристики вимірювальних пристроїв.

Основные структуры и характеристики измерительных устройств.

В зависимости от числа входных сигналов, в которых содержится информация об измеряемой величине, входные преобразователи бывают с одним и несколькими входами. На измерительный преобразователь с одним входом подается сигнал $a(x)$, который содержит информативный параметр x (рис. а).



На измерительный преобразователь с двумя входами подаются два входных сигнала $a_1(x)$ и $a_2(x)$, функционально связаны с одним информативным параметром x (рис. б).

Измерительный преобразователь с двумя входами используется, например, для измерителей мощности, фазометров, измерительных отношений и их называют трехполусными функциональными преобразователями. На выходе таких преобразователей получают величину $y=kx$ пропорциональную измерению.

Существуют измерительные устройства с тремя и более входами, функционально связанными с измеряемой величиной. (например, измеритель затрат тепла). В этих случаях в измерительных устройствах автоматизируются косвенные измерения.

Существуют измерительные устройства с большим числом входных сигналов и несколькими информативными параметрами. В этих случаях в схемах необходимо вычислительное устройство, определяющее зависимость между этими параметрами (рис. в). такие устройства относятся к ИИС, в которых автоматизируется процесс совокупных и совместных измерений.

Структурные схемы измерительных устройств в зависимости от метода измерения и от наличия связи между входной и выходной величиной подразделяются на:

- разомкнутые;
- замкнутые.

Выбор структуры измерительного устройства зависит от особенностей измеряемой величины. Известно, что перемещение, интервал времени, частота и скорость являются наиболее удобными для автоматического квантования и для создания многозначных не перестраиваемых мер. Они также удобны для точного цифрового измерения, поэтому такие устройства имеют разомкнутую структуру.

Переход к замкнутой структуре измерительного устройства определяется главным образом свойствами измеряемой величины.

Применение замкнутой структуры целесообразно для величин, наиболее удобных для сравнения, которые обладают направленным действием (например, напряжение, ток, магнитный поток, механические силы и моменты).

Целесообразность применения устройств с периодическим входом или периодическим сравнением входной величины также зависит от измеряемой величины.

Наиболее удобным для переключения и коммутации являются входные величины, которые имеют физическую природу потока частиц, а именно свет, электрический ток, поток активных частиц и т.д.

Рассмотрим основные разновидности структурных измерительных устройств в зависимости от способа поддержания высокой стабильности коэффициента преобразования. Уравнение измерительного устройства выражает зависимость между измеряемой величиной x и результатом измерения x_N или аналоговой исходной величиной измерительного устройства, удобной для квантования.

В эти уравнения обычно входят ряд параметров, которые характеризуют различные величины (например, температуру, свойства материала, частоту, скорость) т.е. можно записать:

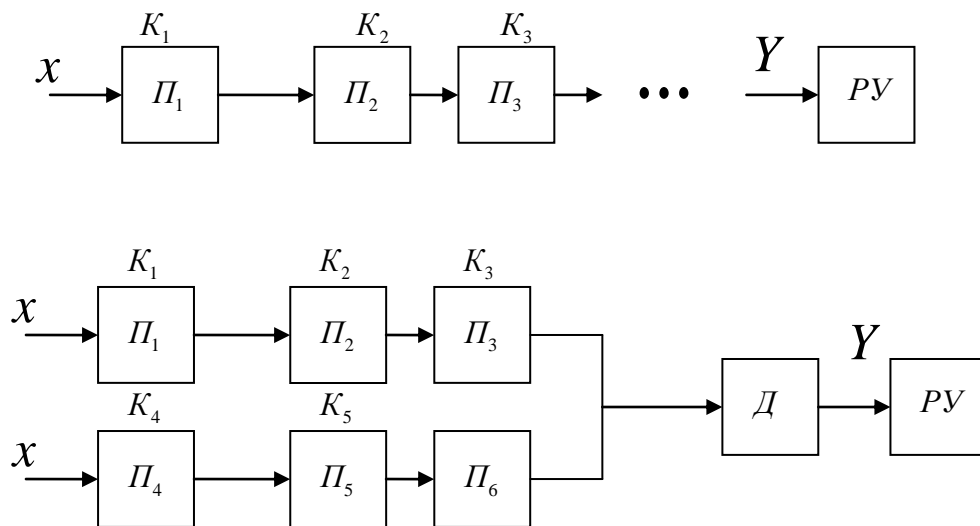
$$Y=f(x, a_1, a_2, \dots, a_n).$$

Лекція 8. Вимірювальні пристрої з розімкнутою структурою

Измерительные устройства с разомкнутой структурой

В измерительных устройствах, построенных по структуре с одним входом, состоящих из последовательно включенным с ним линейных звеньев (рис. а) уравнение преобразования имеет вид:

$$Y = x \prod_{i=1}^n k_n .$$



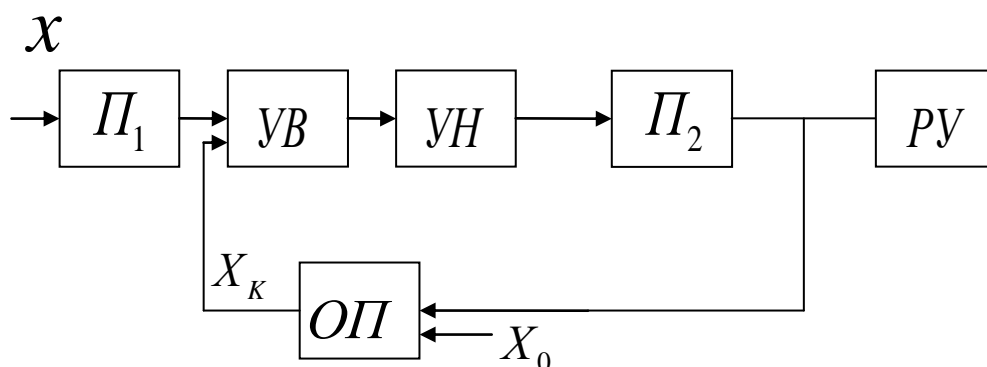
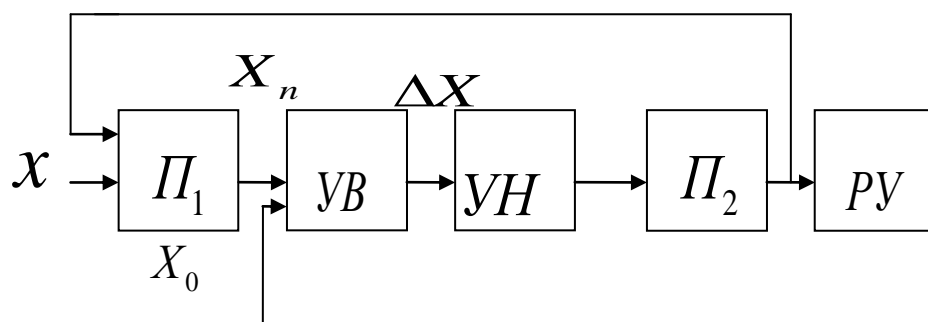
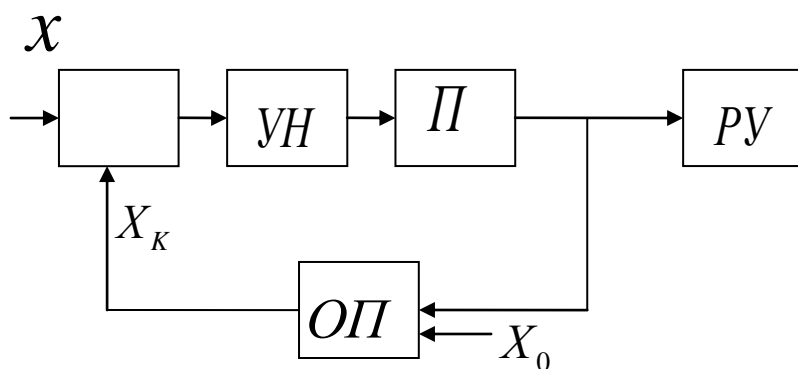
Для обеспечения высокой точности и чувствительности необходимо прежде всего высокая стабильность коэффициента (K) преобразователя во времени и малая подверженность его внешним воздействиям, а для повышения чувствительности устройства необходимо большое значение коэффициента. Для обеспечения постоянства K применяют конструктивные и технологические меры. Например, компенсация влияния внешних факторов (термокомпенсация), компенсация влияния внешних магнитных полей.

Уменьшить погрешность от изменения коэффициента одного из звеньев можно введением ручной операцией калибровки. При создании прибора прямого преобразования прежде всего возникает вопрос об определении коэффициентов $K_1 \dots K_n$, которые при расчёте точно нельзя определить. Поэтому общий коэффициент определяют опытным путем во время проведения градуировки прибора, то есть методом одновременного введения измеренной и известной влечены. Уменьшить системную погрешность при изменении общего K_c (коэффициента системы) можно так же введением поправок в результате измерения, если зависимость между влияющим фактором и коэффициентом известна. Погрешность от нестабильности K_c можно уменьшить, используя метод замещения, однако ручная калибровка, введение поправок и использование метода замещения, который выполняет оператор, резко снижает производительность работы.

Лекція 9. Вимірювальні пристрої з замкнутою структурою

Измерительное устройство с замкнутой структурой.

В измерительных устройствах с замкнутыми структурными схемами сравнение входа с выходом выполняется вычитанием. Автоматически образуется некомпенсация (то есть $\Delta x = x - x_k$)

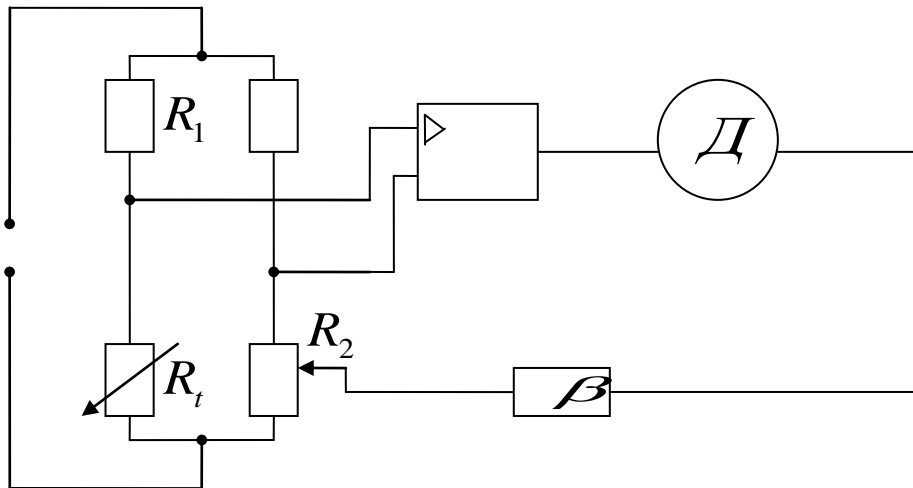


УН – усилитель компенсации;
ОП – обратный преобразователь;
П – преобразователь;
РУ – расчетное устройство.

Величина Δx используется в замкнутых структурах для автоматического поддержания стабильности К. Замкнутые структурные схемы бывают с регулируемыми и нерегулируемыми звеньями. При изменении коэффициента нестабильных звеньев прямой цепи в режиме, при котором $x = \text{const}$, выходная величина y – изменяется.

Для поддержания постоянства К при этих условиях в измерительных устройствах с замкнутой структурой происходит автоматическое изменение входящей величины, вплоть до восстановления заданного значения $K = y/x$ при малой аддитивной погрешности.

Пример:



Измерительные устройства с замкнутой структурой удобны для поддержания коэффициента без входных преобразователей только для величин удобных для сравнения, то есть для величин, удобных направленного действия.

В замкнутых структурах постоянство K при изменении коэффициента преобразования звеньев прямой цепи обеспечивается автоматизацией уравнивания и автоматической коррекцией погрешности. При этом их погрешность определяется только погрешностью звена обратного преобразования.

Измеряемая величина x в каждом приборе уравнивания, сравнивается вычитанием с компенсирующей величиной x_k , является выходной величиной цепи обратного преобразования. На входе прямой цепи действует не компенсация $x = x - x_k$

Не компенсация Δx устанавливается в прямой цепи. Выходная величина прямой цепи изменяется до тех пор, пока пропорциональная ей, компенсирующая величина x_k не равна приблизительно измеряемой величине:

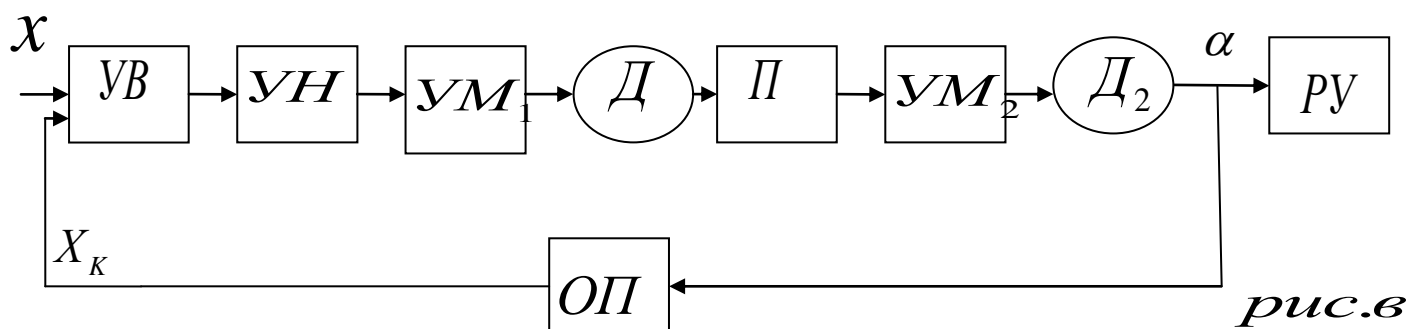
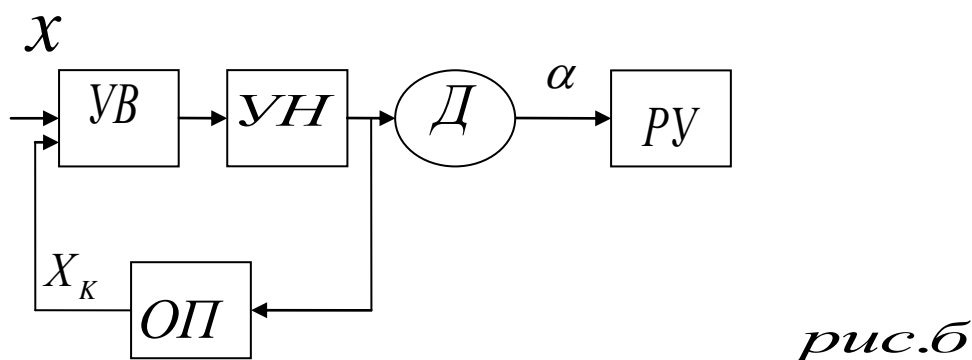
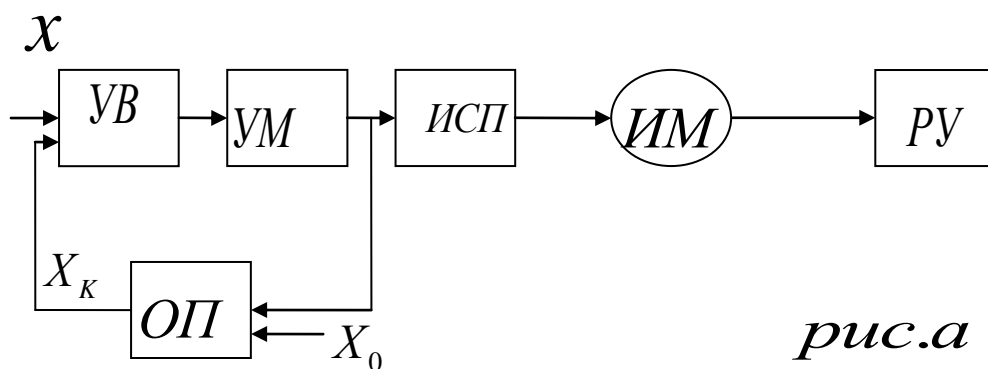
$$R_2 \quad x = \beta \cdot y$$

Таким образом, устанавливается прямая пропорциональная зависимость между входом и выходом. В уравнении прибора в идеальном случае коэффициенты преобразования основных звеньев не входят.

Изменение коэффициентов преобразования звеньев прямой и обратной цепи автоматизированных измерительных приборов уравнивания не одинаково влияет на суммарную погрешность прибора.

Различают две группы АИП уравнивания:

1. со статической характеристикой (рис. а);
2. с астатическим уравниванием (рис. б).



К первой группе приборов относятся компенсационные приборы, которые представляют собой совокупность усилителя с глубокой отрицательной обратной связью или компенсационных преобразователей и выходных ИП. Структурные схемы АИП со статической характеристикой состоят:

УВ – устройство вычитания.

УН – усилитель не компенсации.

ИСП – измерительная схема прибора.

ИМ – измерительный механизм.

ОП – обратный преобразователь.

РУ – регистрирующее устройство.

В этих приборах выходной величиной замкнутой части схемы обычно является напряжение или ток. Эти величины удобны для точного измерения выходным прибором.

Обратным преобразователем является пассивная цепь, которая представляет собой сопротивление или делитель, это простые и надежные звенья, которые отличаются высокой стабильностью.

Ко второй группе приборов относятся автоматические компенсаторы постоянного и переменного тока и автоматические мосты. Исходной величиной замкнутой части схемы в этих приборах является угол α или перемещение l , удобные для квантования точного измерения и регистрации.

Однако обратным преобразованием α в x или l в этих случаях были сложны и менее стабильны.

Приборы с астатической характеристикой отличаются от приборов со статической характеристикой наличием интегрирующих преобразований в виде реверсивных двигателей.

В структуре схемы с астатической характеристикой:

УВ – устройство вычитания.

УН – усилитель не компенсаций.

УМ – усилитель мощности.

Д – двигатель.

ОП – обратный преобразователь.

РУ – регистрирующее устройство.

П – преобразователь.

В зависимости от числа интегрирующих элементов различают:

– приборы с астатической характеристикой первого рода (рис. б) – когда Д один;

– второго рода (рис. в) – когда Д два.

Автоматизированные ИП в зависимости от типа структурной схемы и охватываемых обратной связью звеньев бывают:

1. АИП со статической характеристикой с охватом обратной связью только наиболее нестабильного звена, а именно УН (рис. а). Измерительная схема выходного прибора обратной связью не охвачена, и ее погрешность полностью входит в суммарную погрешность прибора;

2. АИП со статической характеристикой с охватом обратной связью УН с измерительной СП выходного прибора. Суммарная погрешность таких приборов при прочих равных условиях немного меньше первого вида, так как погрешности измерительной схемы выходного прибора уменьшается в несколько раз.

3. АИП со статической характеристикой с охватом обратной связью УМ. Измерительные схемы, ИМ с противодействующей пружиной. В этом случае исходной величиной замкнутой части схемы является угол поворота от измерительного механизма. Обратным преобразователем служит индивидуальное или емкостное устройство, а так же сменное сопротивление с минимальным моментом трения или управляемое световым лучом. При измерительном механизме,

который не отличился стабильностью своих свойств, возможно, обеспечит высокую чувствительность, точность и широкий частотный диапазон.

4. АИП с астатической характеристикой, с охватом обратной связью всех звеньев, кроме РУ. В таких устройствах последним звеном прямой цепи замкнутой части схемы является двигатель с редуктором. Все звенья прямой цепи охвачены обратной связью и по этому погрешность этих звеньев в суммарную погрешность не входит.

5. АИП с астатической характеристикой, в которой обратной связью охвачено и РУ. В этом случае преобразователь расстояния между нулевой линией на диаграмме регистрации и линией записи в компенсирующую величину высоко стабилен, поэтому такой прибор наиболее точен. Все ЦП уравнивания с преобразователем от аналогового в обратной цепи является примерами автоматизированных ИП, в которых выход замкнутой части схемы в виде кода является выходом прибора, и все аналоговые звенья прямой цепи охвачены обратной связью, благодаря чему погрешности ЦП уменьшаются в наибольшей степени.

Автоматизированные ИП со статической и астатической характеристикой имеют высокую чувствительность и точность, и с их помощью можно очень точно измерять ток и напряжение и т. д.

При компенсации напряжения в АИП уравнивания обеспечивается высокое входное сопротивление, благодаря чему достигается независимость их показаний от изменения сопротивления соединительных проводов и внутреннего сопротивления измерительной схемы.

При компенсации тока в АИП уравнивания достигается очень малое входное сопротивление.

В АИП уравнивания используется энергия постороннего источника, чем отличается применение надежных и мощных регистрирующих устройств.

АИП уравнивания могут иметь две исходные величины:

- механическое перемещение, удобное для измерения с помощью шкалы и аналоговая регистрация;
- электрическое напряжение или ток, удобные как для регистрации, так и для передачи на небольшое расстояние.

Используя АИП уравнивания с астатической характеристикой можно повысить точность и чувствительность приборов для измерения и регистрации исходных электрических величин от маломощных промежуточных датчиков. Также возможно выполнять различные вычислительные операции с маломощными величинами, а именно сложение, умножение и интегрирование. Интегралы величин за определенные промежутки времени измеряются интегрирующими приборами, которые освобождают оператора от операции интегрирования и повышают производительность работы при сложных измерениях. Такие интегрирующие приборы используются для измерения электроэнергии, расход газа, жидкости.

АИП уравнивания наиболее успешно используется в том случае, если x (входная величина); является величиной, которая непосредственно подается на вход выходного устройства, реализующего операцию вычитания. Обеспечение высокой точности в измерительных устройствах с астатической характеристикой которая является более простым конструктивно, возможно только при наличии усилителей с

большим коэффициентом усиления и которые имеют малую аддитивную погрешность. Реализация широкополосных измерительных устройств с большим петлевым усилением сложна, в таких случаях используются устройства с автоматическим осуществлением операции калибровки и введения Π (поправки).

Лекція 10. Пристрої уніфікації сигналів.

Унифицирующие устройства ИИС.

Первичные измерительные преобразователи системы позволяют измерять множество физических величин. На выходе первичного преобразователя имеются различные сигналы (для генераторных датчиков это ток, напряжение и ЭДС, для параметрических это сопротивление, индуктивность, емкость, перемещение и т.д.)

При построении систем удобно использовать такие преобразователи, на выходе которых был бы унифицированный выходной сигнал.

Идея унификации сигнала состоит в том, что при всем разнообразии контролируемых физических параметров на выходе преобразователя (на входе системы), получают сигналы строго-заданной формы, амплитуды и частоты в соответствии с ГОСТ 9893-78, то есть на входе системы всегда имеется гостированный стандартный сигнал.

Для напряжения сигнал	0 – 1 мВ
	0 – 10 мВ
	0 – 100 мВ
	0 – 1 В
	0 – 5 В
	0 – 10 В

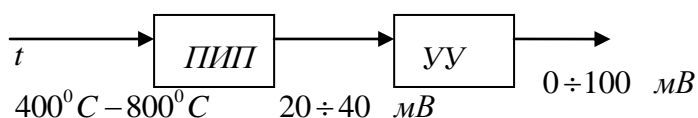
Сигналы амплитудой меньше или равны 100мВ, называются сигналами низкого уровня. Сигналы 0 – 10мВ считаются сигналами высокого уровня.

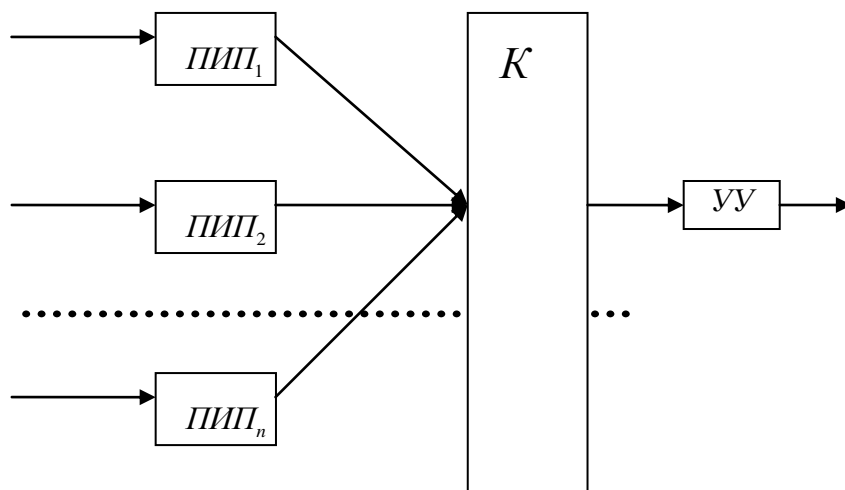
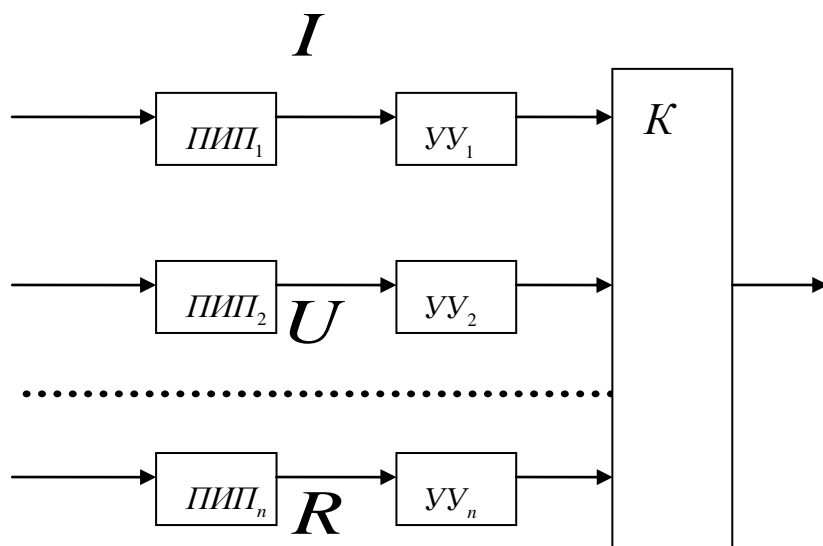
Для токового сигнала	0 – 5 мА
	0 – 10 мА
	0 – 20 мА

На входе ИИС могут быть постоянные сигналы:

1 – 2 кГц
2 – 4 кГц
4 – 8 кГц
8 – 16 кГц

Для преобразования сигналов по форме, амплитуде, динамическому диапазону используют специальные унифицирующие устройства.





Унифицирующее устройство должно быть построено так, чтобы минимальному значению измеряемой величины соответствовал ноль, а максимальному – максимальное значения унифицированного сигнала.

Различают унифицирующие устройства:

- индивидуальные;
- групповые.

Индивидуальные.

Данная схема аппаратно-избыточна, используется в том случае, если контролируемые параметры разнородны, т.е. имеются разнородные сигналы.

Групповые

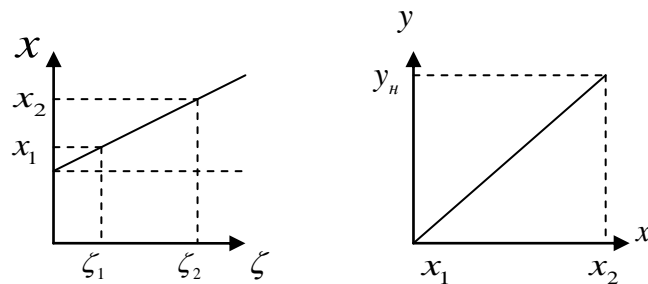
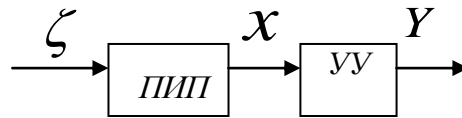
Унифицирующие устройства (УУ) сигналов постоянного тока

При расчётах УУ встречается два основных случая:

1. когда характеристика первого измерительного преобразователя (номинальная функция преобразования) линейная;

2. когда характеристика первого измерительного преобразователя нелинейная.

$$y = y_0 + kx, \text{ где } y_0 - \text{сдвиг характеристики}$$



Пример:

$$U_{\text{ВХ}} (10 \div 60) \text{ мВ}$$

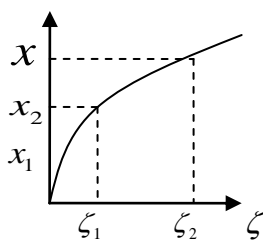
$$U_{\text{ВЫХ}} (0 \div 1) \text{ В}$$

$$K = \frac{1000}{60 - 10} = 20$$

$$y_0 = 1000 \left(-\frac{10}{60 - 10} \right) = -200$$

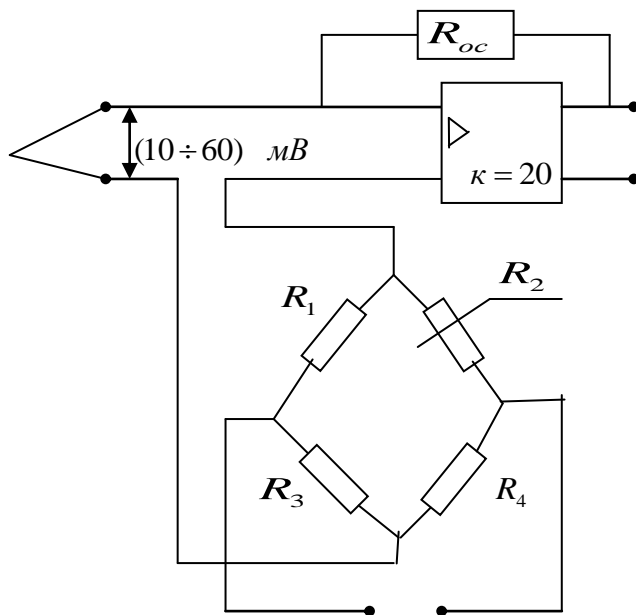
$$U_{\text{ВЫХ}} = -200 + 20U_{\text{ВХ}}$$

Если характеристика преобразователя нелинейная.



Для устранения нелинейности используют нелинейную обратную связь, которая представляет собой набор сопротивлений и диодов.

Пример прибор унифицированного устройства постоянного тока для сигналов низкого уровня.



Операция смещения нуля УУ осуществляется путем включения последовательно с измеряемым значением напряжения $U_{вх} = (10 \div 60) \text{ мВ}$

$U = -10 \text{ мВ}$. Таким образом, входной сигнал усилителя изменяется в диапазоне от $(10 - 50) \text{ мВ}$. $U = 10 \text{ мВ}$ вырабатывается неуравновешенным мостом. Питание моста осуществляется стабильным постоянным напряжением. Одно из плеч моста представляет собой нелинейное термосопротивление. Температура этого сопротивления равна температуре холодных концов термопары.

Таким образом, удастся компенсировать погрешность связанную с изменением температуры холодного спая.

Если характеристика термопары нелинейная, то коэффициент усиления должен изменяться; при линейной характеристике для данного случая он равен 20-ти.

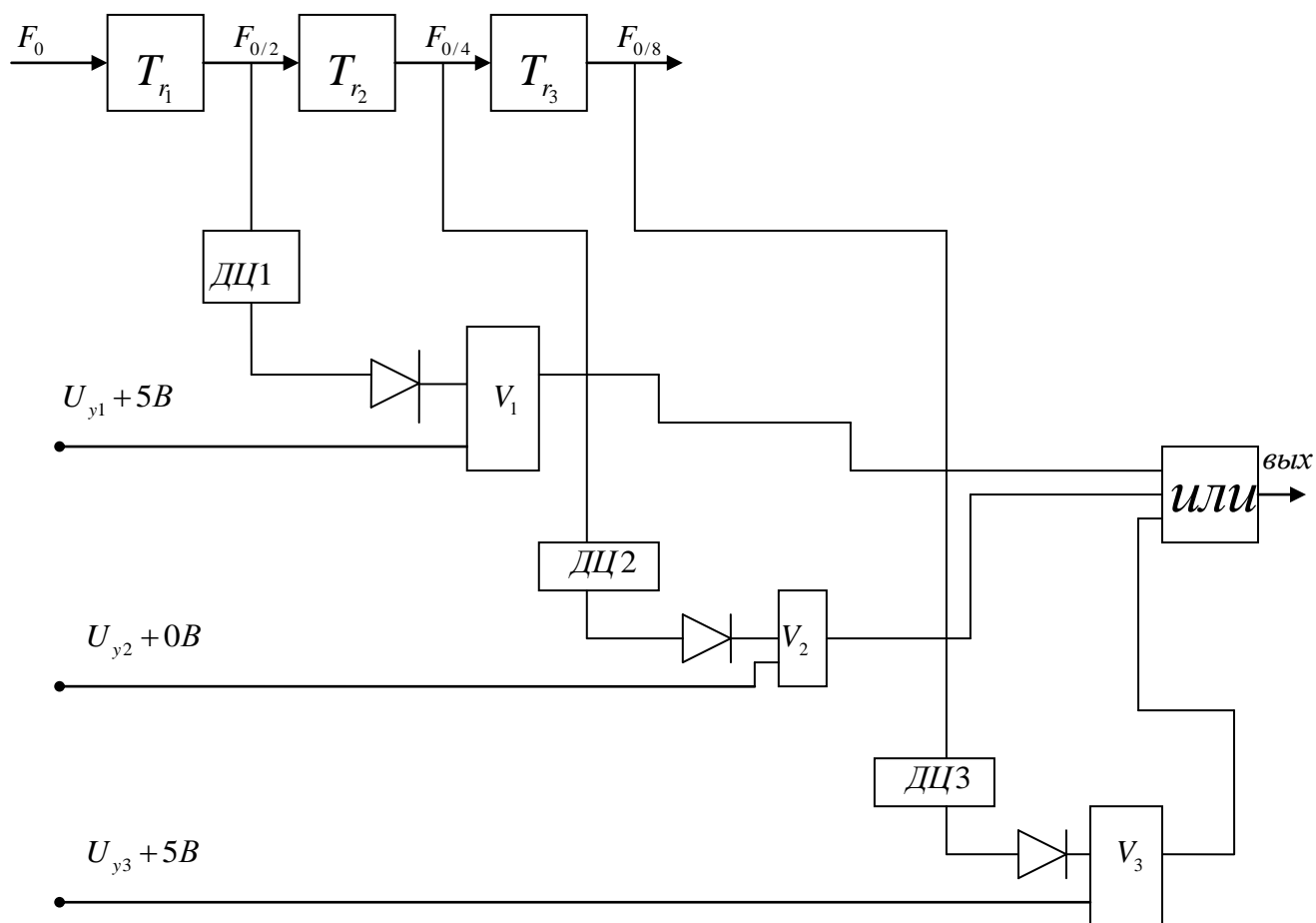
Для изменения коэффициента в цепь обратной связи усилителя включают сопротивление с диодом и производят линеаризацию характеристики первичного измерительного преобразователя методом кусочной аппроксимации.

Лекція 11. Пристрої уніфікації частотних сигналів

Унифицирующие устройства частотных сигналов.

Такие устройства должны обеспечивать ступенчатое изменение частоты на выходе УУ, это могут быть делители или умножители частоты. Такой же принцип используется при проектировании устройств формирования шкал измерительных систем. В этом случае устройство формирования шкал решает обратную задачу, то есть из унифицирующего сигнала необходимо сформировать именованный сигнал для представления оператору.

Рассмотрим пример управляемого делителя частоты.



T_{r1}, T_{r2}, T_{r3} – осуществляет деление частоты на 2

ДЦ 1... ДЦ3 – дифференциальные цепи.

Через диоды на вход $U_1 \div U_3$ поступают только положительные импульсы.

$U_{y1} \div U_{y3}$ задают кодовую комбинацию, соответствующую делению f .

За 8 входных импульсов частота следования f_0 на вход U_1 появляется четыре импульса, а на выход U_3 – один импульс. Таким образом, выходная частота изменяется в диапазоне $1/8 - 7/8$.

УУ сигналов переменного тока.

Сигнал переменного тока может иметь три информационных параметра: амплитуда, частота и фаза. Фазовый сигнал не унифицируется; сигнал частоты унифицируется устройством, рассмотренным выше; амплитуда унифицируется, как амплитуда постоянного сигнала, только в качестве усилителя используется не устройство постоянного тока, а устройство переменного тока.

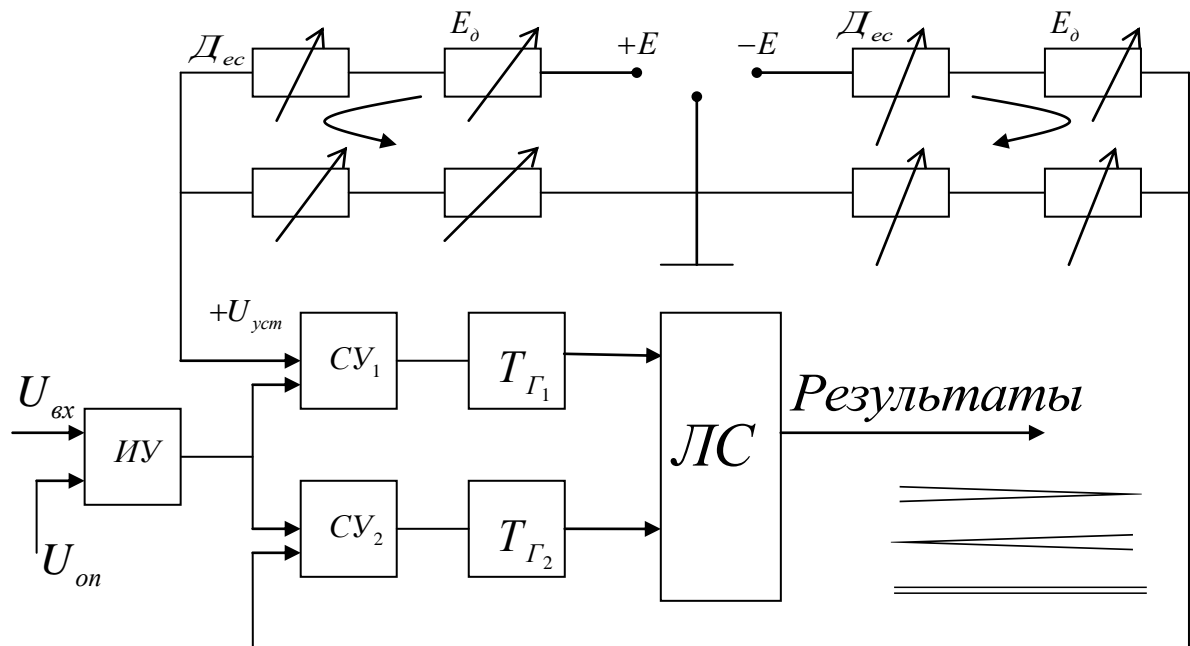
Устройство сравнения УС с уставками.

УС с уставками – важнейшая функция ИИС.

Это устройство вырабатывает сигнал, если входной сигнал, больше или меньше допускаемого значения. Существует УС аналогового и дискретного типа.

Первые строятся на основе операционных усилителей фазовых и частотных детекторов. Дискретные устройства осуществляют сравнения двоичных кодов.

УС аналогового типа.



$U_{оп}$ – опорное напряжение.

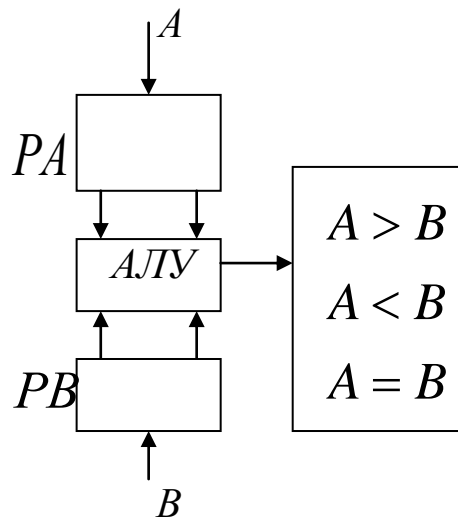
НУ – нормирующий усилитель, усиливает разность между $U_{вх}$ и $U_{оп}$

Верхняя часть схемы устройства формирования напряжения уступа $+E$, $-E$ – стабилизированное напряжения источника питания. Это напряжение может регулироваться при помощи сопротивлений. Чтобы не изменять потребляемый ток от источника питания применяют спаренные сопротивления. СУ – сравнительное устройство срабатывает при выполнении условия превышения напряжение уступа линии связи. Логическая схема – выдает результаты “>, <, =”

Устройства сравнения с уставками цифровой формы.

В таких устройствах производится сравнение цифровых кодов значений измеряемых величин с цифровыми кодами уступа, записанными запоминающими устройствами вычислительной машины. Вычислительное устройство реализует операцию логического сравнения кодов.

Число А-установка извлекается из ОЗУ или ПЗУ. Число В вводится в специально отведенный массив памяти ОЗУ. АЛУ осуществляет сравнение двух входов (кодов).сравнение начинается со старших разрядов. Достоинство: компактность, быстрота сравнения, надежность.



Лекція 12. Комутатори сигналів ІВК.

Коммутаторы.

Измерительные коммутаторы предназначены для поочередного подключения измерительных сигналов на вход измерительных преобразователей. Кроме измерительных коммутаторов и ИИС широко используются коммутаторы служебных сигналов (цепи сигнализации, управления, адресные цепи). Измерительные коммутаторы коммутируют аналоговые сигналы низкого и среднего уровня.

Классификация коммутаторов.

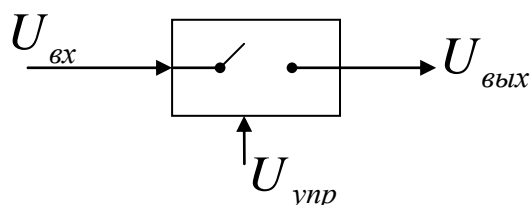
- 1) По конструкции:
 - схемные;
 - аппаратные.
- 2) В зависимости от элементной базы бывают:
 - контактные;
 - бесконтактные.
- 3) В зависимости от организации опроса каналов:
 - циклические;
 - адресные.
- 4) В зависимости от:
 - аналоговые;
 - цифровые.

Ключи

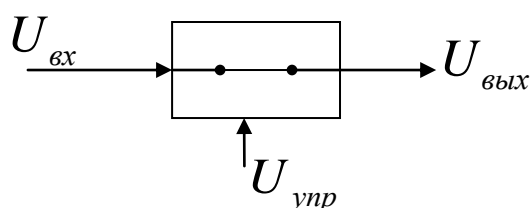
Основным элементом любого коммутатора является ключ.

Ключ имеет 2 состояния:

1 разомкнутые



2. замкнутые



Ключи характеризуются следующими параметрами:

- сопротивление ключа в разомкнутом состоянии;
- сопротивление ключа в замкнутом состоянии;
- обратный ток ключа;
- остаточная ЭДС ключа.

Ключи подразделяются на две большие группы:

1. контактные ключи;
2. бесконтактные ключи.

К *контактным* ключам относятся все устройства, которые реализуют физический контакт двух тел. Их основные характеристики:

- сопротивление в разомкнутом состоянии должно стремиться к бесконечности;
- сопротивление в замкнутом состоянии приблизительно должно быть равно 0,01 Ома;
- обратный ток должен стремиться к нулю;
- остаточная ЭДС равна десяткам мВ (не больше).

Достоинства: высокое сопротивление в разомкнутой цепи; малое сопротивление в замкнутом состоянии.

Недостатки: низкое быстродействие; довольно значительная остаточная ЭДС; ограниченный ресурс использования.

Самые распространенные контактные ключи – магнитоэлектрические, у таких ключей наибольшее быстродействие.

К *бесконтактным* ключам относятся ключи, выполненные на диодах, транзисторах и микросхемах.

Параметры бесконтактных ключей:

- сопротивление в разомкнутом состоянии больше чем 10^{-8} Ом;
- сопротивление в замкнутом состоянии сотни тысячи Ом;
- обратный ток приблизительно равен десяткам мкА;
- остаточная ЭДС ≈ 1 мВ.

Такие ключи проводят сигнал в двух направлениях.

Достоинства: высокое быстродействие; малые габариты (высокая плотность реализации ключей на этих элементах).

Недостатки: высокое сопротивление в замкнутом состоянии; большое значение погрешности при коммутации; подверженность внешним воздействиям.

Аппаратный коммутатор

По конструкции представляет собой законченный конструктивный элемент.

К ним относятся:

- шаговые искатели;
- оптические коммутаторы;
- электронно-лучевые коммутаторы.

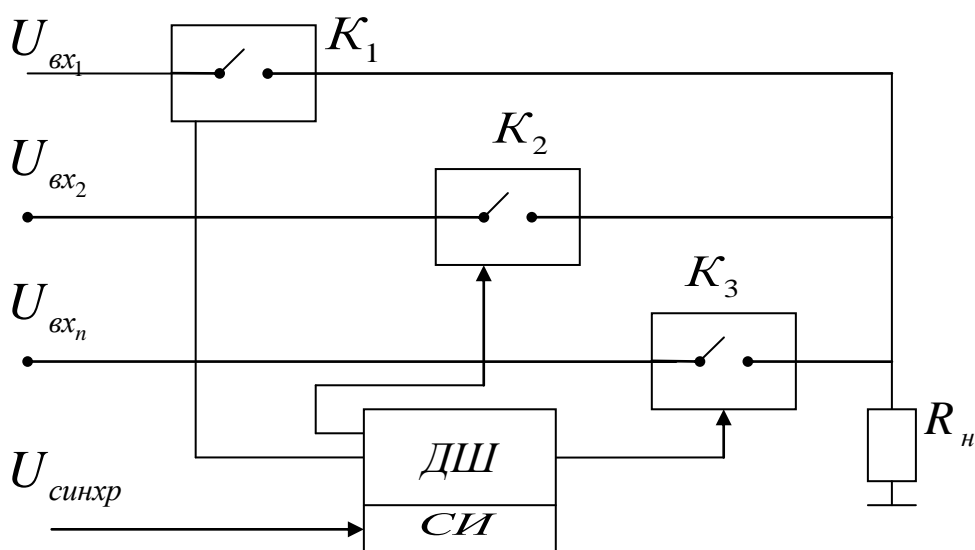
Шагово-искательные коммутаторы – сочетание коммутационного неподвижного поля, подвижной контактной группы и шагового двигателя. Число контактов бывает: 11, 15, 20, 25.

Также используются в устройствах переключения *электронно-лучевые* коммутаторы. Принцип работы: информация заносится и считывается электронным лучом. Такие коммутаторы используются в ИИС сканирующего типа.

Оптический коммутатор. Представляет собой пару элементов, светодиод и фототранзистор (турникет в метро).

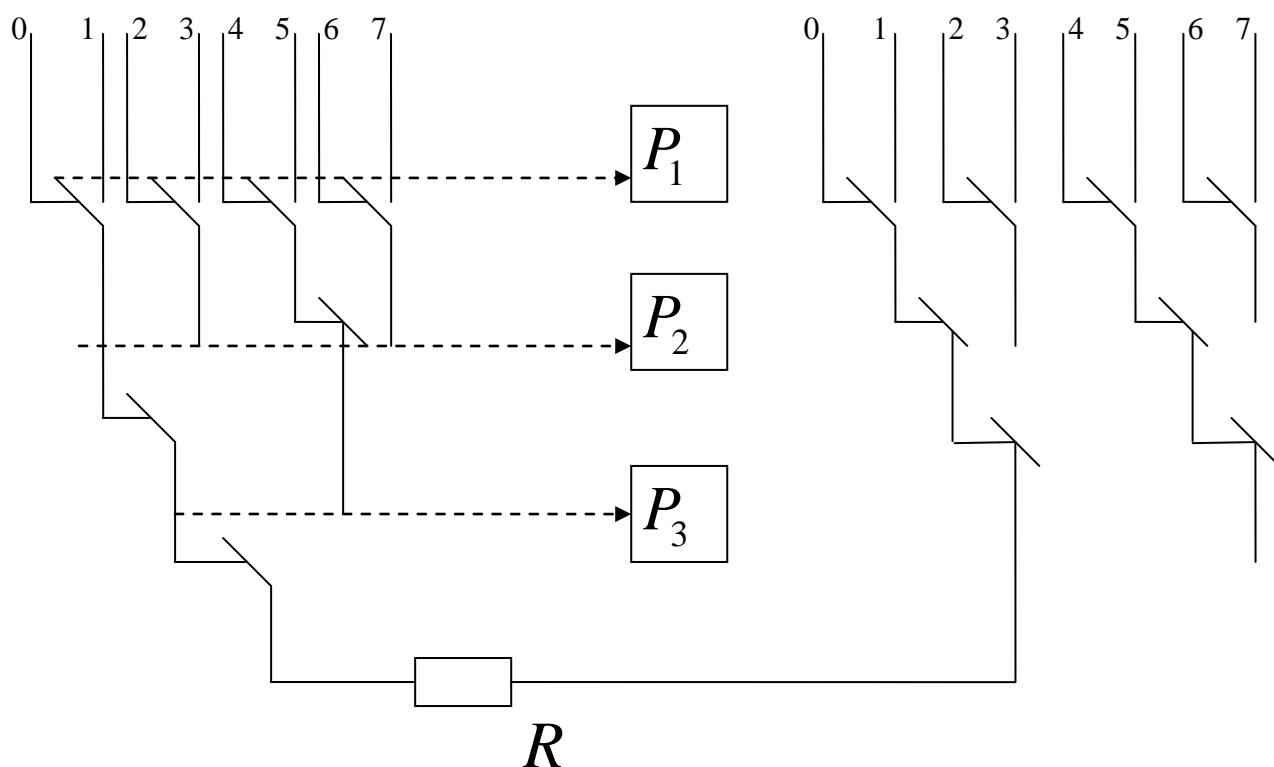
Схемный коммутатор

Линейные коммутаторы имеют n -входных цепей, входное напряжение от $U_{вх1} \div U_{вхn}$ и одно нагрузочное сопротивление.



Пирамидальный коммутатор

Схема



$P_3 \ P_2 \ P_1$

0 0 0 – подключено 0 входа

0 1 0 – подключены 2 входа

1 0 0 – подключены 4 входа

Левая часть коммутатора осуществляет временное управление каналом, а правая часть производит временное разуплотнение каналов.

Достоинством является малое число управляемых элементов.

Недостаток: низкая надежность.

Основные характеристики коммутатора:

1. число коммутируемых каналов (N);
2. количество линий связи, коммутируемых в одном канале;
3. быстродействие коммутатора v (переключение в секунду)
4. число опросов одного канала (определяется как v/N)
5. входное сопротивление, т.е. сопротивление коммутатора в разомкнутом или замкнутом состоянии;
6. максимальное напряжение, которое может коммутировать данный коммутатор;
7. относительная погрешность коммутатора (δ)

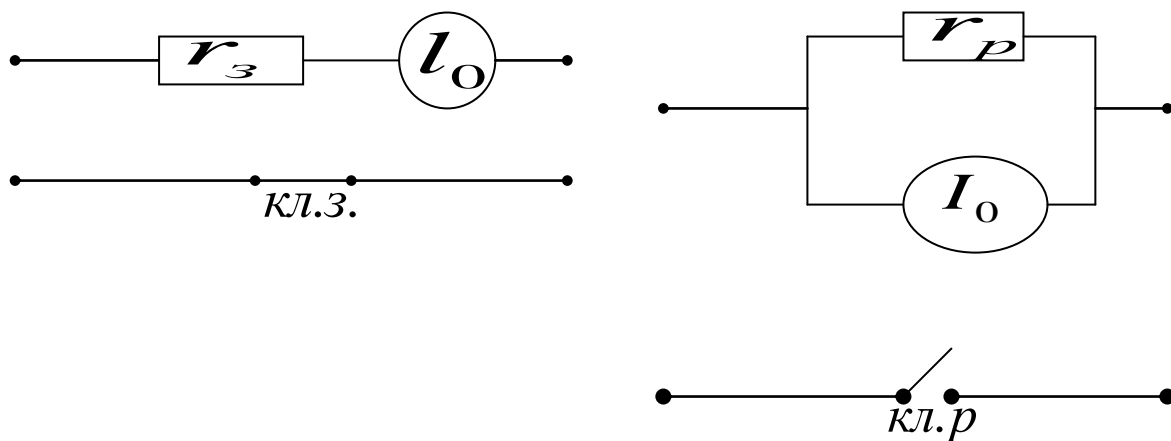
$$\delta = \frac{U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ВХ}}} \cdot 100\%$$

Погрешность коммутации зависит не только от особенностей самого коммутатора, а также от схемы построения коммутатора и количества

коммутируемых каналов. С увеличением числа коммутируемых каналов погрешность коммутации увеличивается.

В зависимости от принципа построения различают индивидуальные и групповые коммутаторы.

Эквивалентная схема индивидуального коммутатора



Рассмотрим эквивалентную схему на n каналах

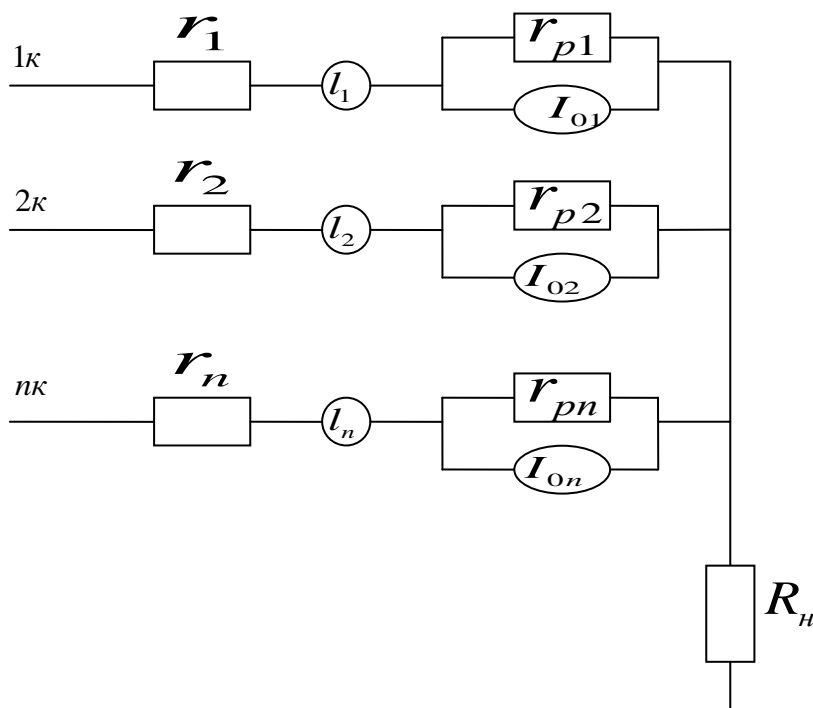


Рисунок.1

На рис.1 представлена схема индивидуального коммутатора, где r_i – внутреннее сопротивление датчиков (т.е. источника сигнала) $e_1 \dots e_n$ – ЭДС каждого датчика

Коммутатор поочередно подключает ЭДС на R_n . Из-за уменьшения образцового сопротивления коммутатора число коммутируемых каналов не может

быть больше 16. При увеличении числа каналов необходимо использовать принцип построения коммутаторов.

Групповой коммутатор

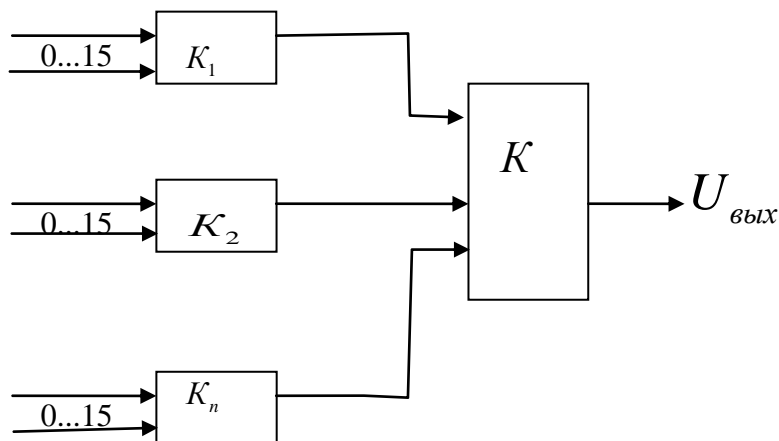


Рисунок 2. Коммутатор на 256 каналов

Для подключения нулевого канала на вход необходимо, чтобы K_1 подключил нулевой канал на вход группового коммутатора. Каналы подключаются поочередно.

Двухступенчатый групповой коммутатор

В ряде случаев возникает задача коммутации сигналов низкого уровня, в этих случаях сигнал, коммутируемый от (0 – 100)мВ. В этом случае ощутимо влияние ключей коммутаторов.

Минимальную погрешность коммутации обеспечивают контактные коммутаторы. Однако они имеют низкое быстродействие.

Для повышения точности коммутации сигналов низкого уровня, при сохранении точности, используется двухступенчатая схема построения.

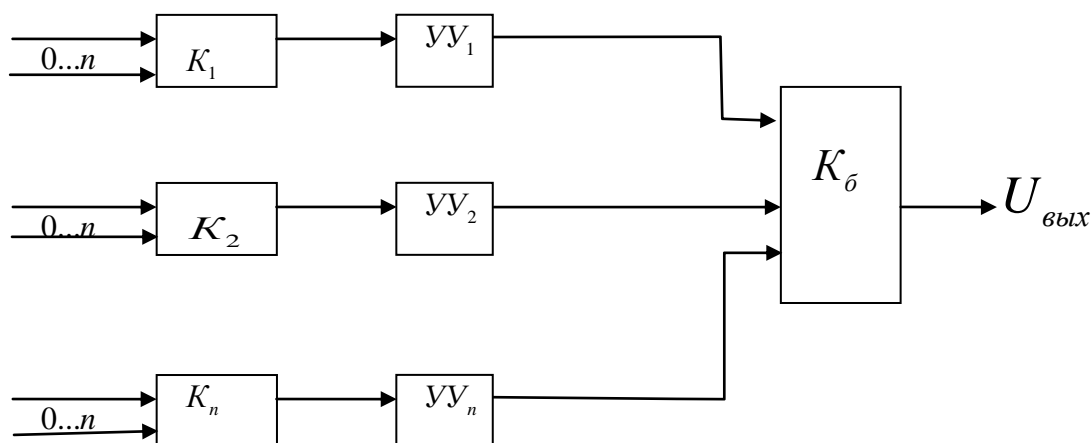
Рисунок 3.

$0 \dots n$ – сигналы термопары;

$K_1 \dots K_n$ – коммутаторы конкретных групп;

$УУ_1 \dots УУ_n$ – унифицирующее устройство n -го канала;

K_6 – бесконтактный коммутатор.



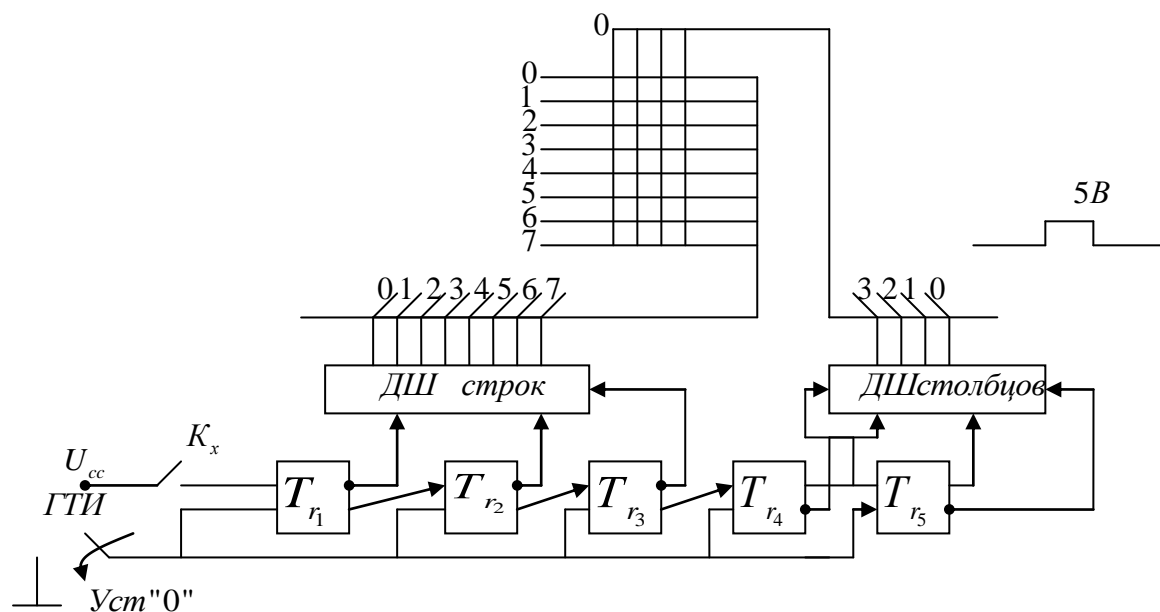
На вход коммутаторов $K_1 - K_n$ поступают сигналы низкого уровня от термопреобразователя. $K_1 - K_n$ – контактные коммутаторы т.е. имеют низкое быстродействие, сигнал потом поступает на соответствующие $UY_1 \dots UY_n$, позволяющие преобразовывать сигнал низкого уровня в унифицированный сигнал тока или напряжение.

Для сохранения достигнутого быстродействия используется бесконтактный коммутатор K_δ , позволяющий надежно коммутировать унифицированный сигнал.

Коммутатор на 32 канала.

Коммутатор К732 состоит из генератора тактовых импульсов ГТИ, которые формируют последовательность U_c , матричного дешифратора и схемы управления. Коммутатор обеспечивает подключение любого из 32 каналов к входу измерительного блока.

Схема управления состоит из счетчиков импульсов на триггерах $T_{r1} \dots T_{r5}$ и дешифратора строк и столбцов. Коммутатор работает в режиме циклического и адресного опроса каналов.



Рассмотрим работу коммутатора в циклическом режиме. Счетчик осуществляет счет от 0 до 31. Перед началом счета все триггеры устанавливаются в ноль с помощью кнопки «уст 0».

$T_{r1} \dots T_{r3}$ – считают от 0 до 7

T_{r4}, T_{r5} – считают от 0 до 3

Возможно установить комбинации “0” и “1” на триггерах для адресного режима опроса.

Лекція 13. Пристрої відображення та реєстрації інформації.

Устройства представления и регистрации информации

Существует 3 вида *информационных потоков*:

1. отсчетная информация;
2. статическая информация (результат сред. измерений);
3. оперативная информация.

Характеристики этих потоков существенно отличаются между собой. При разработке и построении систем регистрации и отображении информации следует учитывать:

- вид информационного потока;
- согласование пропускной способности оператора с интенсивностью потока информации:

$$C_{\text{пр}} = \frac{1}{t_{\text{пр}}} \sum_{i=1}^n I_i$$

где $C_{\text{пр}}$ – скорость представления информации представления (бит/с);

$t_{\text{пр}}$ – время представления информации;

n – количество информационных потоков;

I_i – количество информации.

Пропускная способность человека приблизительно 50 бит/с.

Также следует учитывать форму представления информации оператору и особенности человеческого восприятия информации.

В зависимости от способа представления информации устройство представления делятся на:

- устройства с индивидуальной формой представления информации (часы). Недостаток: большая избыточность системы, т.е. на каждый параметр нужен свой прибор.
- устройства с групповой формой представления, в этом случае используется одно устройства представляющее объект таким образом, что видно сразу несколько его параметров (мобильный телефон).
- информация об объекте поступает на экран монитора, в этом случае управляющее устройство может вызвать на дисплей любой уровень контролируемой системы.

Среди всех устройств представления информации важное место занимает устройство регистрации, которые позволяют документировать информацию о состоянии

контролируемой системы. Эти устройства могут быть механическими и не механическими.

Лекція 14. Механічні пристрої відображення та реєстрації інформації.

Механические устройства регистрации.

В зависимости от того какой принцип или явление лежит в основе записи информации, а от формы записи можно выделить следующие устройства:

❖ самописцы – это обычно многоканальное устройство аналогового типа. Число параллельных каналов не более 12, частота контролируемых параметров не превышает 200 Гц.

❖ цифropечатающие устройства при создании ИИС он помогают получать отчет на статистическую информацию.

В зависимости от принципа действия бывают:

- рычажные (печатающие машины), скорость печати больше 10 знаков в секунду, печать последовательная;

- штанговые, в них используется принцип параллельной печати, т.е. на каждый печатный символ имеется своя штанга, на которой нанесен весь алгоритм сообщения, т.е. печатается строка, быстродействие от 2÷5 строк в секунду. В строке одновременно печатается 15 символов. Штанги занимают не зависимое друг от друга положение.

- ротационные, они состоят из дисков, количество которых равно количеству символов в строке. Диски вращаются с высокой скоростью. По окружности диска нанесен весь алгоритм передаваемых сообщений. Сразу печатается строка. Быстродействие от 20 до 30 строк в секунду. В строке - 15 знаков. Сложность этих устройств – в обеспечении синхронизации схемы управления работы молоточками.

- матричные цифро-печатные устройства. Быстродействие – от 200 до 300 строк в секунду. Каждый знак набирается в сегментном или точечном представлении.

Недостатком всех механических устройств является наличие механики.

Немеханические устройства.

Классификация немеханических устройств.

- 1) Феррографическое регистрирующее устройство;
- 2) Электроискровые;
- 3) Тепловые;
- 4) Светографические.

1) *Феррографические:* в этих устройствах запись осуществляется магнитным полем на специальном носителе, запись проявляется после специальной проявки.

2) *Электроискровые:* используется электрохимическая бумага, изменяющая свой цвет при воздействии напряжения или тока.

3) *Тепловые*: используют тепловой эффект проявление изображения при нагреве бумаги.

4) *Светографические*: используют специальную светочувствительную бумагу, которая после засветки обрабатывается специальным проявителем. К недостаткам относят необходимость специальных носителей информации и проявителей.

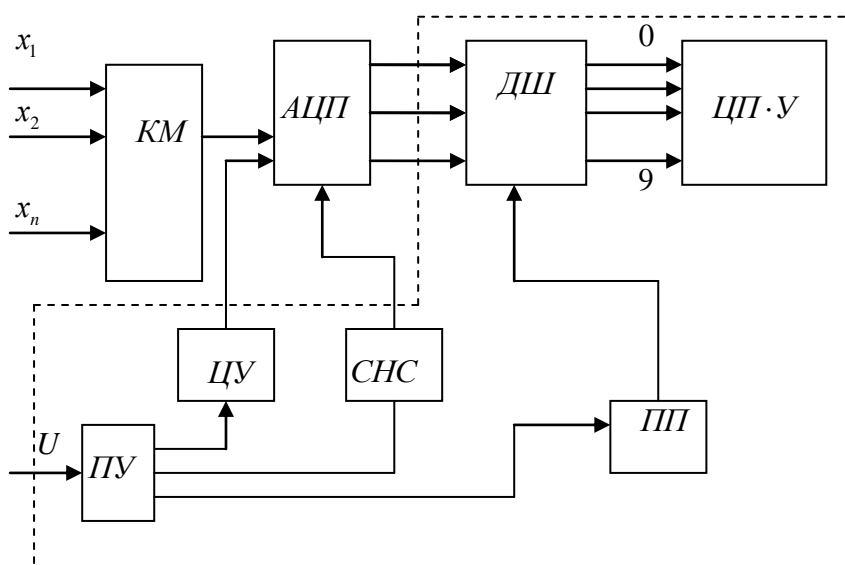
5) *Светолучевые* осциллографы спектр регистрации до 10 кГц. Число каналов – до 10.

6) *Магнитографы*. Спектр процесса – до 10^5 Гц, число каналов – до 10. Применяется в полевых условиях, как устройство регистрации. Используется принцип записи на магнитные ленты.

Схема управления цифровым устройством регистрации.

Цифровые печатные устройства выпускаются с блоками управления печати. С выхода (аналого-цифрового) АЦП можно получить различные коды.

Задание дешифратора (ДШ) состоит в том, чтобы преобразовать эти коды в позиционный десятичный код. Схема управления печати на рисунке:



ПУ – программное устройство;

ДШ – дешифратор;

СН – счетчик номера строки;

ЦЧ – цифровые часы;

ПП – приемопередатчик;

ЦПУ – цифро-печатное устройство;

КМ – коммутатор;

После получения сигнала готовности АЦП ПУ разрешает печать строки данного периметра. В строке печатается номер строки, время, значение параметра.

Тема 15. Перешкоди у ІВК. Загальна характеристика.

Помехи в ИИС. Методы защиты от помех общего вида.

Под помехой понимают любое дестабилизирующее воздействие, приводящее к метрологическому отказу ИИС.

Можно выделить три зоны в ИИС на которые воздействует помеха:

1. Первый измерительный преобразователь (вносит наибольшую погрешность);
2. Канал связи (больше удален от искаженного сигнала);
3. Устройство обработки сигнала.

Первая зона – зона технического процесса (датчики) – зона промышленных помех.

Вторая зона – может находиться как на предприятии (внутри цеха), так и вне (дело имеем с инструментальными и природными помехами).

Третья зона – располагаются вычислительно-измерительные устройства и электронно-вычислительные машины (ЭВМ). В этом случае учитываются внутренние помехи системы.

Помехозащитность – это качественная характеристика системы.

Для качественного определения – используется определенная вероятность ошибки. Бывает вероятность ошибочного приема «1» при условии, что передается «0» и наоборот.

Классификация помех.

1. по характеру изменения во времени:

- а). детерминированные
- б). случайные

2. по происхождению:

- а). атмосферные;
- б). промышленные (трансформаторы, генераторы те, что выделяют сильное магнитное поле.)

3. по виду реализации:

- а). флуктационные.
- б). импульсные.

Методы повышения помехоустойчивости.

1. Защитное экранирование.
2. Заземление.
3. Применение помехоустойчивых кодов. Когда сигнал больше чем шума.
4. Применение помехоустойчивых видов модуляции сигналов (самая устойчивая фазовая модуляция).
5. Повышение отношения сигнала – шум (мощность сигнала больше мощности шума).
6. Применение систем с перезапуском.

Лекція 16. Методи захисту від перешкод загального виду.

Методы защиты общего вида.

Помехи общего вида вызывают эквипотенциальность точек заземления. Эта помеха включена в контур и действует вдоль него, если помеха появляется из-за электромагнитной наводки, тона называется поперечной.

С целью уменьшения помех общего вида применяют следующие меры:

- 1). Выравнивание потенциалов;
- 2). Создание обходного пути для помех;
- 3). Ослабление гальванической связи между информационными и

СИЛОВЫМИ ЦЕПЯМИ.

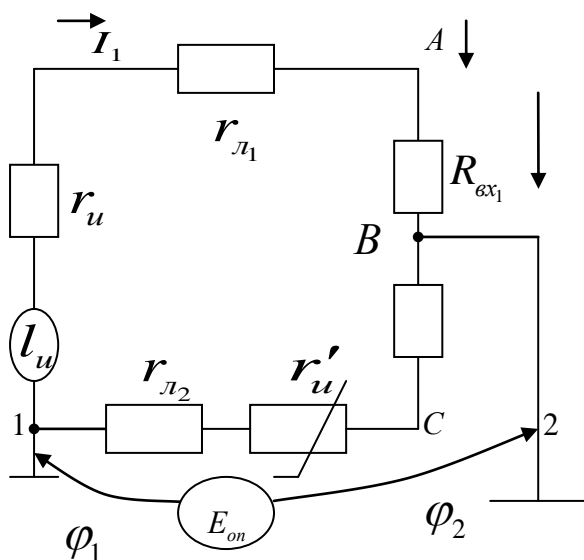
К основным методам защиты от помех относят:

1. Заземление и скрутка проводов;
2. Использование методов симметричных каналов;
3. Использование метода гальванического разделения;
4. Используют методы компенсационного трансформатора.

Метод симметричного измерения каналов.

Передача информации осуществляется по двум проводам.

Приемник имеет общую заземленную точку: $E_{\text{опор}}$ – опорная ЭДС общего вида (рисунок 1).



При нормальных условиях $U_{AB}=U_{BC}$, а при наличии помехи $U_{AB}-U_{BC}$

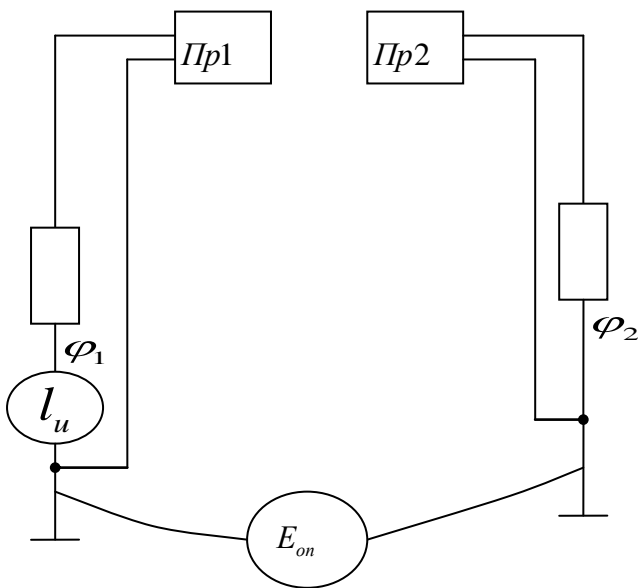
$$U_{AB} = I_1 \cdot R_{BX1}; \quad I_1 = \frac{E_{O\Pi}}{r_u + r_{\Pi 1} + R_{BX1}};$$

$$U_{AB} = \frac{E_{on} \cdot R_{BX1}}{r_u + r_{\Pi 1} + R_{BX1}}; \quad U_{BC} = \frac{E_{on} \cdot R_{BX2}}{r'_u + r_{\Pi 2} + R_{BX2}};$$

$$U_{\xi} = U_{AB} - U_{BC} = U_{OP} \left[\frac{R_{BX1}}{r_u + r_{л1} + R_{BX1}} - \frac{R_{BX2}}{r'_u + r_{л2} + R_{BX2}} \right]$$

Метод гальванического разделения каналов.

Причина появления помехи является проникновением в ее линию связи, по которой передается информация, чтобы снизить влияние помехи, а оно особенно заметно при передачи сигналов низкого уровня, необходимо разорвать гальваническую цепь проникновения помехи (рис. 2).



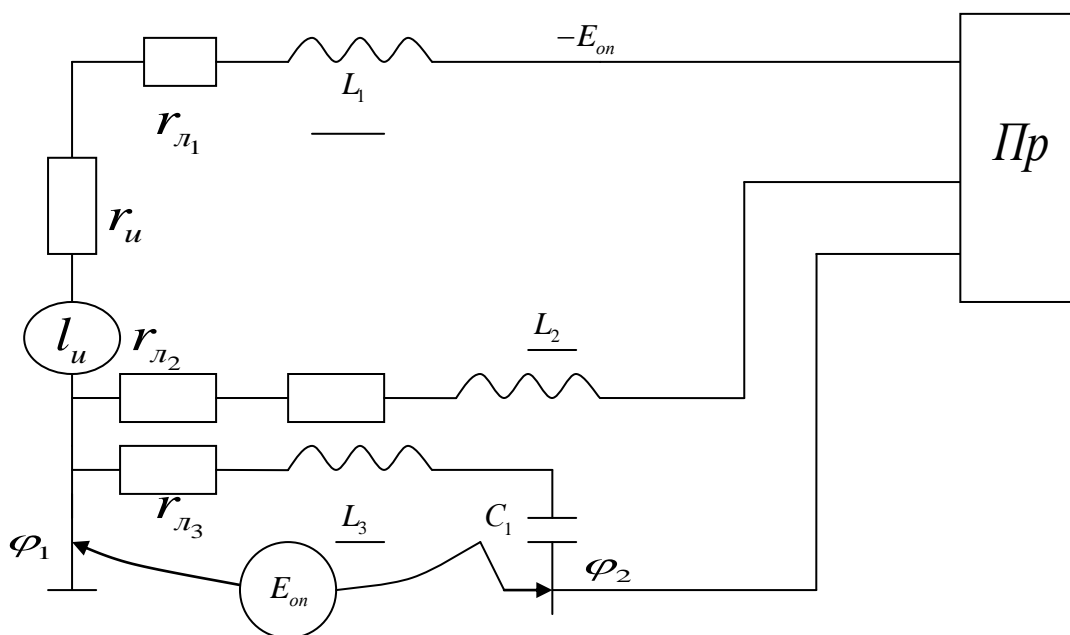
Преобразователи Pr_1 и Pr_2 осуществляют гальваническое разделение. Этот метод используется для гальванического разделения входных и выходных цепей преобразователя.

В качестве преобразователя Pr_1 и Pr_2 используется трансформаторный преобразователь электрического поля или оптронные пары (светодиоды, фототранзисторы) они располагаются в одном корпусе.

Метод компенсационного трансформатора.

В цепи а и б вводят дополнительную помеху, имеющую фазу противоположную основной помехе

L_1, L_2, L_3 – намотаны на один сердечник для усиления магнитной связи и намотаны три провода.



Фазы напряжения на L_1 и L_2 противоположны фазе параллельной на L_3

Уровень подавления помехи в этом случае составляет 60 дБ, усиливает напряжение в 1000 раз (происходит компенсация фаз).

Защита от помех датчиков и соединительных проводов, систем промышленной автоматизации.

Понимание причин возникновения помехи при проектировании системы автоматизации позволяет избежать ряд ошибок в выборе оборудования, его размещении, а так же ускорить процесс внедрения системы.

Паразитное воздействие на процесс передачи сигнала можно разделить на следующие группы:

- 1) Воздействие через кондуктивные связи.
- 2) Влияние не эквипотенциальности земли.
- 3) Наводки через взаимную индуктивность.
- 4) Наводки через емкостные связи.
- 5) Высокочастотные, электромагнитные наводки.
- 6)

Лекція 17. Типи приймачів та передавачів сигналів

Типы приемников и передатчиков сигналов.

Источники сигналов (датчики температуры, давления, веса, влажности и т.д.) могут быть заземленными и незаземленными.

Примерами *незаземленных* (плавающих) являются: батареи, термопары, изолированный операционный усилитель, пьезоэлектрические датчики и т.д. Сигналом в этих случаях является разность потенциалов между выводами источников. Потенциал выводов источника относительно земли является паразитным (синфазная помеха) он не должен влиять на результат измерений.

У заземленного источник сигнала один из выводов заземления, а напряжения второго вывода измеряется относительно земли.

Плавающие источники, как правило, конструктивно и схематически сложнее, чем заземленные.

Приемник сигнала, например, система сбора данных, может принимать (измерять) сигнал относительно земли или относительно второго входа. В первом случае приемник сигнала называется приемник с одиночным недифференциальным входом. Во втором случае он называется дифференциальным приемником сигнала.

Дифференциальный приемник сигнала измеряет разность потенциалов между двумя проводами. Потенциалы отличаются относительно общего провода приемника. Т.о. дифференциальный приемник сигнала имеет три входа: два сигнальных и один общий.

С точки зрения помехи «земля» источника и приемника сигналов имеет разный потенциал.

Дифференциальные приемники могут быть двух типов, построенные на основе изолированного (плавающего) источника питания или на основе схемы вычитателя, позволяющего определить разность потенциалов между двумя узлами электрической цепи.

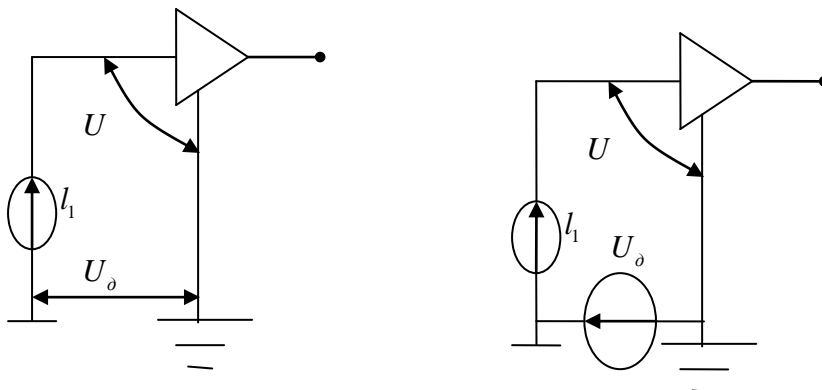
Примерами приёмников первого типа могут быть: тестеры, системы сбора данных с компьютера (ноутбук), малогабаритные осциллографы с батареями питания.

Примером дифференциального приемника на основе вычитателя является построенный на базе дифференциального усилителя с большим коэффициентом подавления синфазных помех.

Не идеальность дифференциальных приемников заключается в том, что наряду с дифференциальным сигналом подается и ослабленный синфазный сигнал, который меньше дифференциального в некоторое количество раз и это количество называется коэффициентом ослабления синфазного сигнала. Этот коэффициент зависит от частоты. Наибольший интерес для систем промышленной автоматики представляет коэффициент подавления синфазного сигнала с частотой 50 Гц, которая появляется, как электромагнитная наводка от сети 220 – 380В.

Измерение напряжения заземленных источников.

Рассмотрим, что происходит, когда напряжение заземленного источника сигнала измеряется с помощью заземленного приемника (рис. 1).



Поскольку земля источника и приемника сигнала разделены в пространстве, они на схеме обозначены по-разному.

Разность потенциала между ними обозначена U_d .

По теореме об эквивалентном генераторе эта разность потенциалов может быть представлена на схеме источником напряжения.

$$U_d = I_d \cdot R_d$$

R_d – сопротивление «земли».

I_d – ток через R_d .

Причем напряжение приложенное ко входу приемника оказывается равным сумме напряжений источника сигнала и разности потенциалов между двумя «землями».

Таким образом, результат измерения, выполненного по описанной схеме, будет содержать погрешность, величиной U_d . Эта погрешность может находиться в допустимых пределах, если источник сигнала и приемник расположены близко друг от друга или если напряжения сигнала достаточно (например: предварительно усиленное).

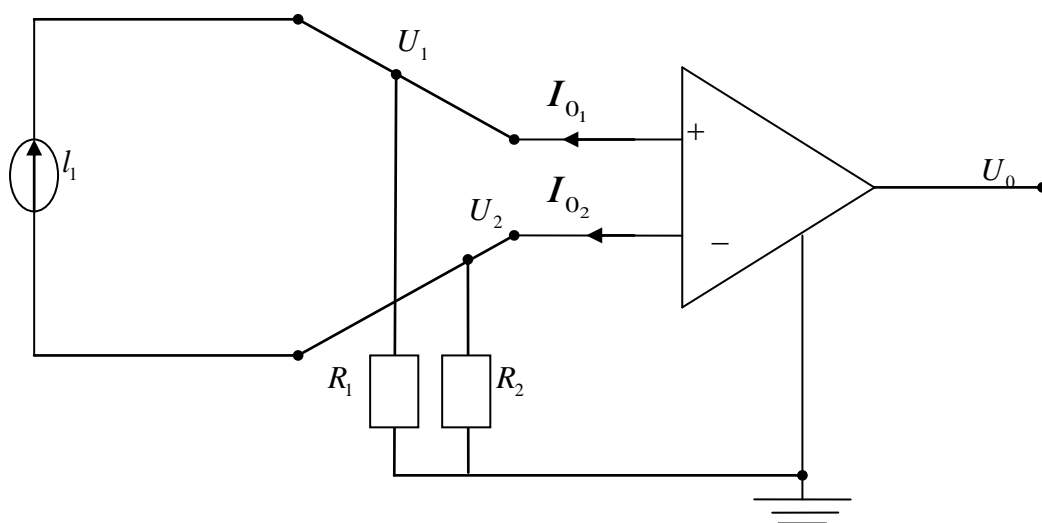
Измерение напряжения незаземленных источников.

Напряжение незаземленных источников сигналов может быть достаточно точно измерено приемником, как с одиночным, так и с дифференциальным входом.

Однако при использовании дифференциального входа нужно следить за тем, чтобы величина синфазного сигнала не вышла за пределы диапазона работоспособности приемника.

Сопротивление между любыми из дифференциальных входов и землей очень велико, поэтому даже малый ток помехи может создать на нем падение напряжения на 10 В, что приведет приемник в режим насыщения. Ток помехи в этом случае может состоять из входных токов смещения самого дифференциального приемника и тока паразитной емкости связи с источником помехи.

Для уменьшения этого эффекта вход дифференциального приемника можно соединить между собой через резисторы (рис. 3).



Если внутреннее сопротивление источника сигнала велико, то резисторы выбирают с одинаковым сопротивлением.

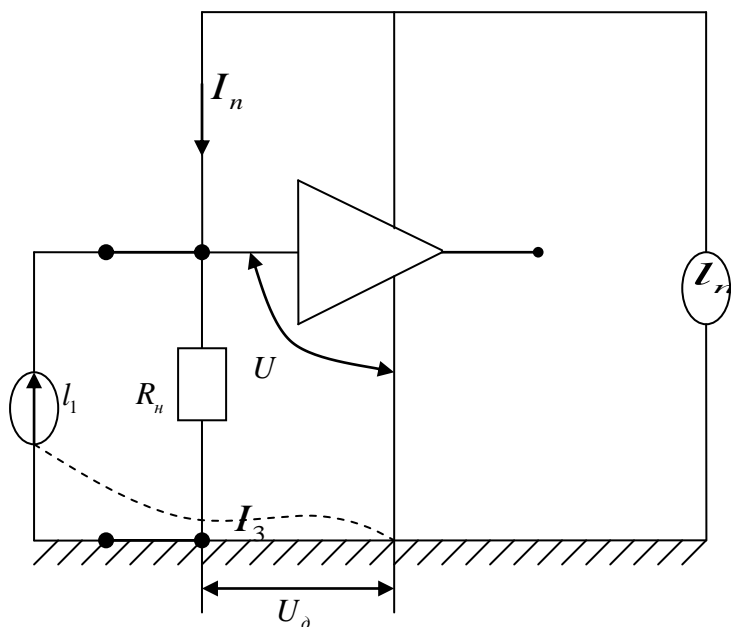
При низком сопротивлении источника, как у термопары, разница сопротивлений не имеет значения и можно использовать одно сопротивление вместо двух.

В измерениях с высокой точностью эти резисторы улучшают симметрию дифференциальной пары проводов и улучшают эффект компенсации синфазных помех.

Эти сопротивления выбирают как можно меньшими, чтобы снизить величину синфазного сигнала, однако оно должно быть намного больше, чем внутреннее сопротивление источника сигнала, чтобы не вносить погрешность в результат измерения.

Погрешности, вызванные кондуктивными связями.

Источник погрешности при передаче сигнала может быть падение напряжения U_d на участке провода общим для сигнала и некоторой наводки (рис. 1).



Определение нагрузки e_N – эквивалентный источник, I_N – ток от e_N через нагрузку, I_s – паразитный ток, протекающий по общему участку провода «земля» создает падение напряжения U_d .

Такая паразитная связь называется кондуктивной (резисторная). Нагрузкой в данном случае может быть некоторая вспомогательная цифровая схема, заземленный провод компьютера или случайный проводник, замкнувший провод «земля» с корпусом электрического оборудования. Даже схема, состоящая из нескольких операционных усилителей, может создать на проводе длиной 20 см. падение напряжения более 1мВ. Особо большие проблемы может создавать цифровая схема, работающая в момент передачи аналогового сигнала. В результате входное напряжение U будет складываться из напряжения источника сигнала e_1 и напряжения помехи U_d .

Влиянием возникшей проблемы является присоединение земли источника сигнала к приемнику отдельным изолированным проводом, который не используется ни для каких иных целей (на схеме пунктирная линия).

В общем случае, чтобы заранее предотвратить возникновение данной проблемы необходимо различать понятия «сигнальная земля», «аналоговая земля» и «цифровая земля». Все эти земли должны быть выполнены разными проводами и их можно соединять только в одной общей точке. Сигнальные цепи нельзя использовать для питания даже маломощной аппаратуры.

Индуктивные и емкостные связи.

Предположим, что рядом с сигнальным выводом проходит некоторый провод, по которому протекает ток амплитудой I_N (рис. 2).

$$U = \frac{\omega \cdot M \cdot (R_i + R_{in})}{\sqrt{(R_i + R_{in})^2 + \omega^2 L^2}} \cdot I_N \quad (1)$$

Тогда, вследствие электромагнитной индукции на сигнальном проводе будет наводиться напряжение помехи U_m .

В случае синусоидальной формы тока, амплитуда напряжения помехи наводимого на сигнальном проводе будет (формула 1).

где M – взаимная индукция между проводами;

L – индукция сигнального провода;

$\omega = 2\pi f$, где f – частота тока помехи;

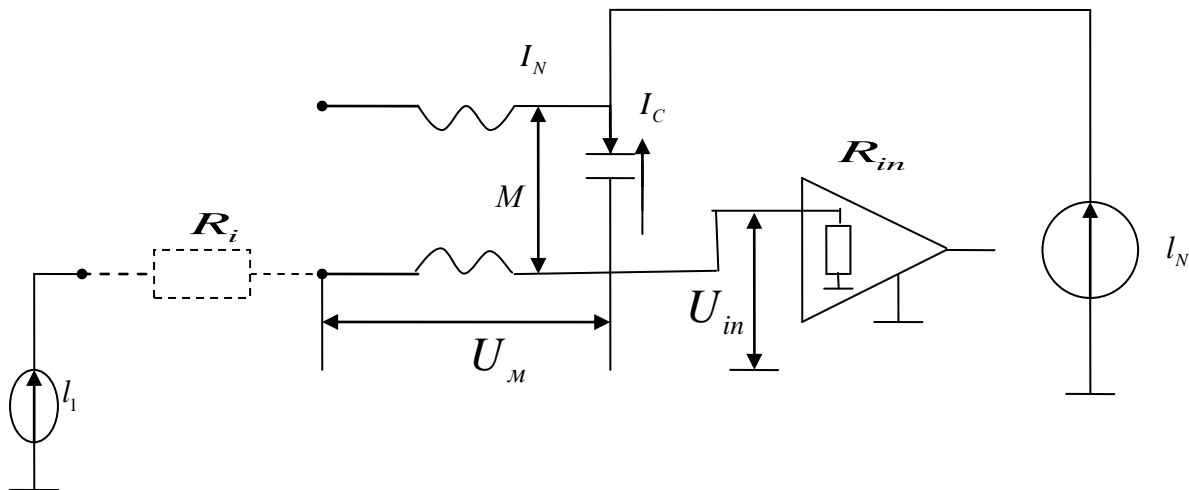
R_i – входное сопротивление источника сигнала;

R_{in} – входное сопротивление приемника.

Величина взаимной индукции пропорциональна площади витка, который пересекается магнитным полем, создаваемым током I_N . Виток в данном случае является контур, по которому протекает ток, вызванный ЭДС помехи. На рис. 2 этот контур образован сигнальным проводом, входного сопротивления источника.

Для уменьшения взаимной индуктивности, площадь данного контура должна быть минимальна, т.е. сигнальный провод должен быть проложен максимально близко к земле. Эффективную площадь витка можно уменьшить, если расположить его в плоскости перпендикулярной к плоскости контура стока наводящих помех. Из формулы (1) следует, что индуктивная наводка увеличивается с ростом частоты и отсутствует на постоянном токе.

Например, помеха (рис. 2) включена последовательно с источником сигнала, т.е. вносит аддитивную погрешность в результат измерения.



Емкостная наводка через паразитную емкость между проводами полностью определяет величину внутреннего сопротивления источника сигнала. Поскольку она входит в делитель напряжения, помехи, состоящие из сопротивления R_i , включены параллельно с сопротивлением R_{in} и емкостью C .

$$U_{in} = e_1 + \frac{\omega \cdot (R \cdot \parallel R_{in}) \cdot C}{\sqrt{1 + (\omega \cdot (R_i \cdot \parallel R_{in}) \cdot C)^2}} \cdot e_N \quad (2)$$

Как следует из (2) при $R_i=0$ емкостная помеха полностью отсутствует. В действительности сигнальный провод имеет некоторое индуктивное и резистивное сопротивление или падения напряжения помехи, на котором не позволяет полностью устранить емкостную наводку с помощью источника с низким внутренним сопротивлением. Особенно важно учитывать индуктивность сигнального провода в случае высокочастотных помех.

Датчики, имеющие большое внутреннее сопротивление или малое напряжение сигнала нужно использовать совместно с усилителем расположенным в непосредственной близости к датчику, а на приемник следует передавать усиленный сигнал.

Для снижения емкостной наводки, сигнал нужно передавать с помощью идеального источника напряжения, а для снижения индуктивной наводки с помощью идеального источника тока.

Емкостные наводки преобладают над индуктивными, если источник помех является мощным оборудованием, потребляющим большой ток.

Экранирование магнитной наводки, технически гораздо сложнее, чем емкостной. Стремление совместить преимущество передачи сигнала в форме тока и форме напряжения приводит к передаче информации большой мощности. Отношение мощности сигнала к мощности помехи определяется величиной погрешности, вносимой в результат измерений. Этот же вывод следует из формулы (1), т.е. при сопротивлении нагрузки и источника, стремящихся к нулю напряжение помехи так же стремится к нулю, а передаваемая мощность стремится к бесконечности.

Источник сигнала	R полн
Термопара	<20 Ом
Терморезистор	>1 кОм
Резистивный датчик R	<1 кОм
Полупроводниковый датчик R	>1 кОм
Тензодатчик	<1 кОм
Стеклянный электрод pH	>10 ⁹ Ом
Операционные усилия	10 ⁻⁴ Ом

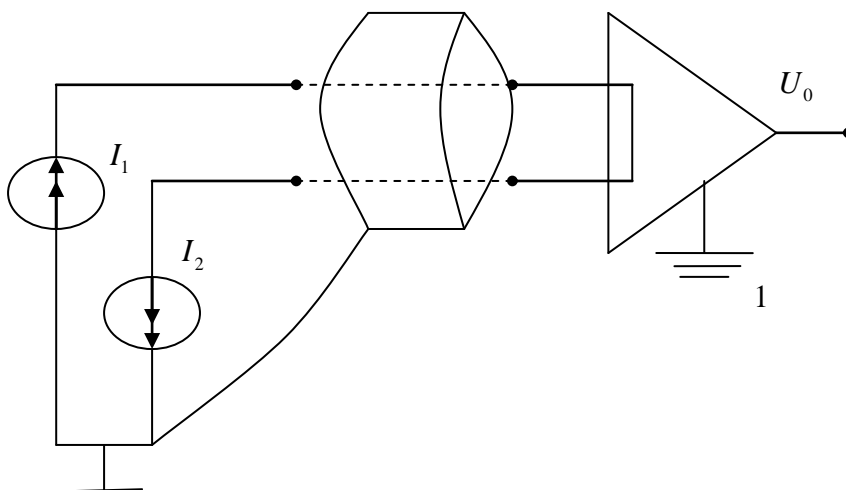
Лекція 18. Паразитні зв'язки у диференціальних лініях передачі сигналів

Паразитные связи в дифференциальных линиях передачи сигналов.

Лучшим средством устранения индуктивных и емкостных связей является применение источников сигнала с дифференциальным токовым выходом и приемником сигнала с низкоомным дифференциальным входом.

В таких схемах индуктивная наводка мала, поскольку информация передается в форме тока. А емкостная наводка мала, поскольку при хорошей симметрии линии передачи, она является синфазной и подавляется входным дифференциальным приемником. Дополнительной защитой линии является экранирование.

Токи источников тока (рис. 1) строго равны между собой $I_1=I_2$ и противоположно направлены.



Для получения высокого качества передачи сигнальные провода должны быть экранированными и выполнены в виде литой пары, чтобы обеспечить лучшую согласованность их продольных импедансов и импеданса на «землю».

Разница в длине проводов и в частотных характеристиках их импульсов импедансов может быть причиной появления синфазной помехи на высоких частотах.

Для повышения степени согласованности линий в витой паре лучше использовать провода, специально изготовленные и аттестованные для инструментальных индустриальных применений.

Использование двух витых, соединенных параллельно пар (вместо одной), позволяет снизить продольный импеданс провода и повысить точность передачи сигнала.

Экранирование сигнальных проводов.

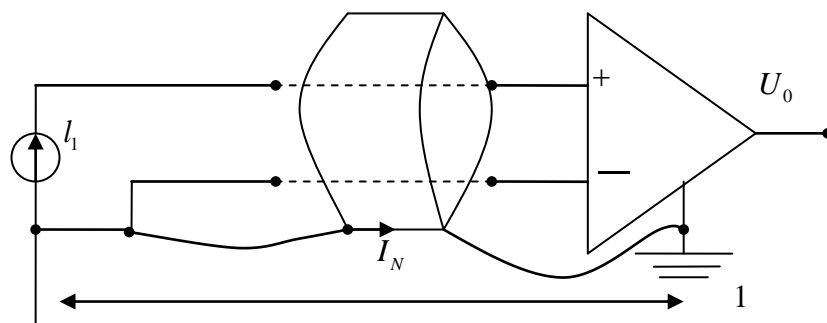


Рис. 2 – Неправильное соединение экрана.

Методы экранирования сигнального провода выбирают в зависимости от пути следования помехи.

Для устранения паразитной емкостной связи используют электростатический экран в виде проводящей трубки, охватывающей экранируемые провода.

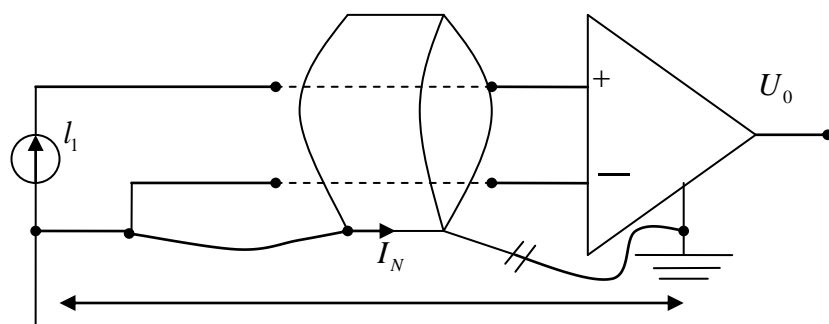
Для защиты от магнитного поля используют экран с высокой магнитной проницаемостью.

Нельзя соединять электрический экран с землей источника и приемника одновременно, как показано на рис. 2, поскольку при этом через экран течет ток, обусловленный неравенством потенциалов этих «земель» и ток может достигать в условиях цеха нескольких Ампер, а разность потенциалов земель может составить несколько Вольт.

Ток, протекающий по экрану, является источником индуктивных наводок на соединение провода и провода находящимся внутри экрана.

Наводка на провода внутри экрана может иметь значительную величину при неточном их центрировании. Поэтому экран нужно заземлять только с одной стороны, причем со стороны источника сигнала.

В общем случае при передаче широкополосного сигнала от удаленного источника с высоким сопротивлением, рекомендуется использовать *схему гибридного заземления*.

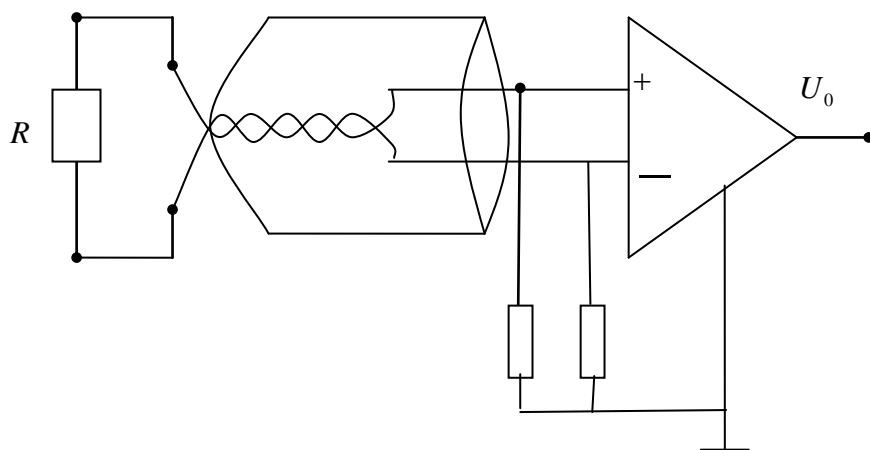


В данной схеме емкость позволяет ослабить высокочастотную составляющую помехи. Таким образом, низкочастотный ток, создающий индуктивную наводку остается малым, а высокочастотные наводки заземляются через емкость.

Экран, защищающий от паразитных индуктивных связей сделать гораздо сложнее, чем экран электростатический. Для этого необходимо использовать материал с высокой магнитной проницаемостью и, как правило, гораздо большей толщины, чем толщина электростатических экранов.

Для частот ниже 100 кГц можно использовать экраны из стали или пермолоя. На более высоких частотах используют алюминий или медь.

Если источник сигнала не заземлен как, например, в случае большинства температурных датчиков, то экран применяют в сочетании с дифференциальным усилителем и резисторами на входе.



Высокочастотные электромагнитные и другие виды помех.

Высокочастотные электромагнитные помехи наводятся от таких источников, как радио-, телевизионные приемники; мобильные и радиотелефоны, тиристорные преобразователи; коллекторные электродвигатели; электросварочное оборудование; дисплей компьютера и сами компьютеры.

Помехи с частотой выше 100кГц обычно находятся за границами частотного диапазона измерительных систем. Однако высокочастотные помехи могут быть

перенесены в область более низких частот по причине нелинейности характеристики диодов, транзисторов расположенных на измерительной плате и внутри микросхем, в системах с очень высокой чувствительностью могут наблюдаться паразитные напряжения, вызванные термоэлектрическим эффектом в контактах разнородных материалов.

Лекція 19. Системи технічної діагностики.

Системы технической диагностики (СТД).

СТД позволяют не только установить факт неисправности системы, но и обнаружить место неисправности.

Появления СТД связано с усложнением самих ИИС. При появлении отказа его нужно обнаружить и устранить. Вид ИС СТД и ее сложность определяется рядом факторов:

1. степенью автоматизации требуемой заказчиком;
2. требуемым быстродействием СТД и точностью измерения параметра;
3. ресурсным обеспечением (стоимость системы, количеством операторов).

По степени автоматизации:

1. автоматические ;
2. полуавтоматические;
3. ручные.

Классификации систем технической диагностики.

1. По степени специализации:

- универсальные;
- специализированные (применяется в К-762 двигатели внутреннего сгорания).

2. По расположению контрольного объекта:

- автономные;
- встроенные.

3. По взаимодействию с объектом.

- активные;
- пассивные.

4. По степени автоматизации:

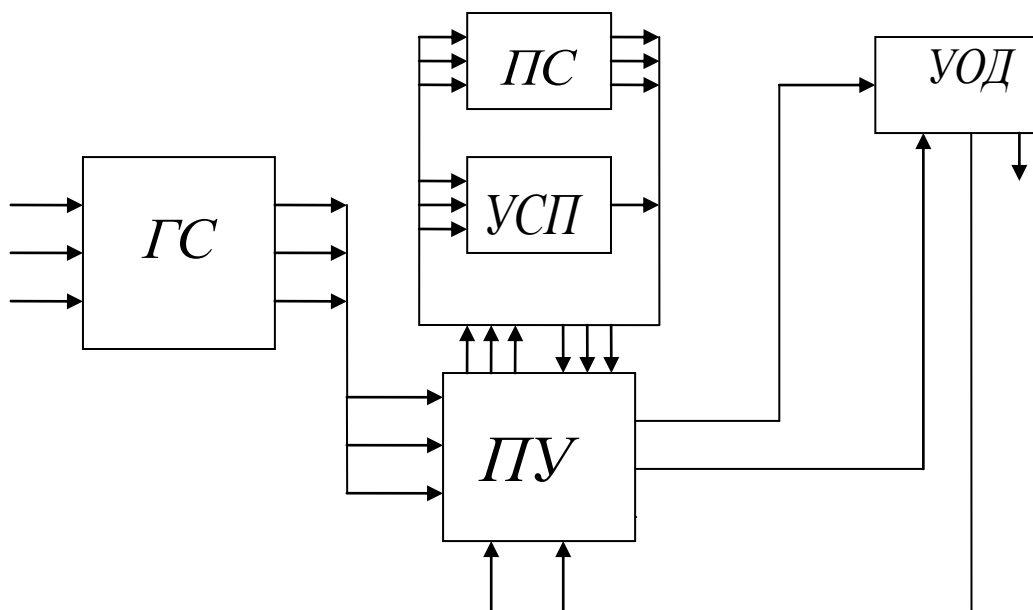
- автоматические;
- полуавтоматические;
- ручные.

5. По характеру выдаваемых оценок:

- диагностирующие;
- прогнозирующие.

Диагностирующие СТД выдают прогноз на отказ, но он краткосрочный.

Структура автоматической системы технической диагностики.



ПС – проверяемая система.

УСП – устройство самопроверки.

ГС – генератор сигналов.

ПУ – программируемое устройство.

УОД – устройство обработки данных.

ГС вырабатывает набор образцовых сигналов, которые подаются на ПУ, отклики проверяемой системы вводятся в устройство обработки данных. ПУ управляет УОД. Результат обработки вновь подается на ПУ.

В случае обнаружения отказа УОД по сигналу ПУ начинается поиск по специальной программе. Для каждого информационного канала существует своя программа.

Основные характеристики СТД:

1. вероятность обнаружения локализации неисправности;
2. среднее (максимальное и минимальное) время обнаружения неисправности;
3. полнота проверки системы. Она зависит от вида резервирования.

Резервирование бывает полное или частичное. В случае системы с полным резервированием проверка СТД состоит в проверке на функциональность, как основной системы, так и резервной.

В случае частичного – проверяется функции системы в целом, иногда ее отдельных подсистем.

Виды проверок СТД:

1. Функциональная проверка: осуществляется проверка контролируемых ИИС на функционирование.
2. Алгоритмическая проверка: осуществляется не только общая проверка функционирования, но и проверка последовательности выполнения операций.

3. Тестовая проверка: осуществляется для всех устройств цифровых и аналоговых систем.

При проверке цифровых приборов на вход подается определенный двоичный код, а на выходе снимается контрольное показание.

Логическая схема анализирует полученный код и выдает информацию, пригоден блок или нет.

Конечное состояние системы, после проведения проверки, получают перемножением кодов (исходного и проверочного) – это соответствует случаю, когда система исправна.

В случае неисправности системы конечное состояние определяется перемножением кода исходного состояния с инверсивным кодом проверки. Делается заключение.

Лекція 20.Методи побудови програм, що перевіряють.

Методы построения проверочных программ.

Построение проверочной программы всегда осуществляется с учетом реальных ограничений накладываемых на процесс проверки.

Всегда имеются ограничения на время, полноту и стоимость проверки.

Задача разработчика состоит в том, чтобы при заданных ограничениях построить наилучшую проверочную программу, т.к. построение такой программы является противоречивой задачей.

Причины противоречия:

1) разрабатываемая система проверки усложняет систему в целом, а более сложная система всегда менее надежна.

2) система технической диагностики будет эффективна в том случае, когда основная система контролируется непрерывно в процессе работы.

При этом уменьшается время работы основной системы по назначению. Это так же снижает надежность системы.

3) воздействие системы технической диагностики на основную систему приводит к ее износу.

Лекція 21. Системи автоматичного контролю

Упрощенная структурная схема автоматического контроля

УХУ – устройствово хранения уставок.

УС – устройство сравнения.

ПР – переодическая регистрация.

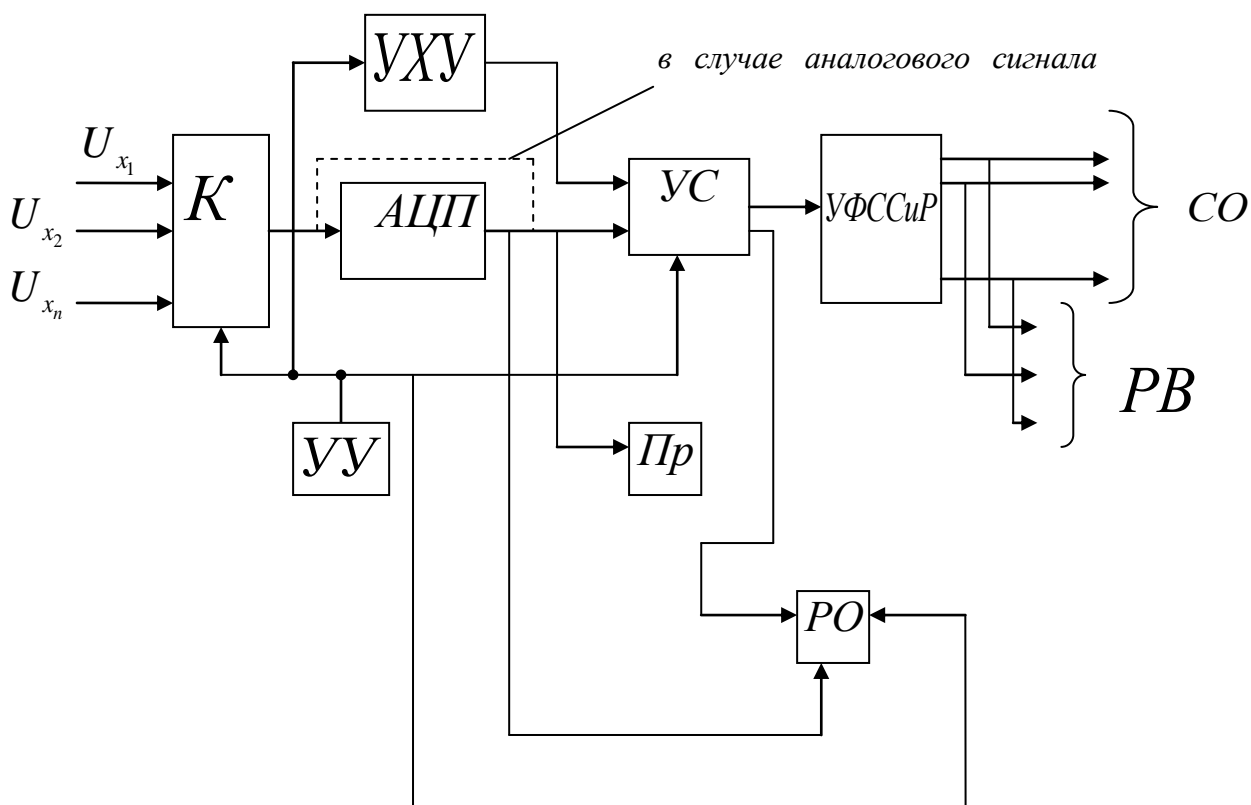
РО – регитрсция отклонений.

УФССиР – устройство формирования сигналов сигнализации и регистрации.

СО – сигнализация отклонений.

РВ – регулирующие воздействие.

УУ – устройство управления.



Входные сигналы $U_{x_1} \dots U_{x_n}$ поступают на коммутатор, которые поочередно на вход АЦП. УУ управляет работой всей системы, оно выбирает из УХУ нужную вставку сравнения и подает её на УС. УС производит сравнение в цифровой форме. Результат сравнения и подает в УФССиР. Этот сигнал появляется только тогда, когда существует отклонение. В случае превышения уставки выдается сигнал на регистрацию отклонения. При нормальной работе периодически (через 4 часа) осуществляется регистрация сигнала. Сигналы отклонения воспринимаются оператором и поступают параллельно на исполнительный механизм технической установки.

Оперативно диспетчерское оборудование (ОДО).

Обеспечивает взаимодействие оператора и системы. Оно наиболее полно представлено в технических системах, в которых есть центральный диспетчерский пункт. В некоторых системах локального управления комплект оперативно-диспетчерского оборудования может быть минимальным, состав ОДО определяется рядом факторов:

1. назначение системы.
2. требования к потоку информации.
3. задачами, решаемыми оператором по управлению и контролю систем.

Состав ОДО:

- ### 1. Щит с мнемосхемой.

2. Система сигнализации.
3. Стойка регистрации информации.
4. Пульт диспетчера.

Щит с мнемосхемой предназначен для предъявления оператору условной схемы контролируемого объекта. На этой схеме условно обозначены технологические агрегаты, теплотрассы, энергосистемы и т.д.

В определенных точках системы находятся измерительные приборы, которые показывают основные параметры. В верхней части мнемосхемы расположены часы. Также на мнемосхеме нанесены пояснительные надписи, облегчающие работу оператора. Мнемосхема набирается из отдельных щитов $1,5 \times 1,5$ м.

Общая схема создается мозаичным методом. Самая необходимая информация подается в центр мнемосхемы. По краям щитов мнемосхемы расположены стойки сигнализации и регистрации.

В стойках регистрации находятся самопишущие приборы, часть центрального регистрирующего устройства может находиться в машинном зале, где расположена вычислительная машина верхнего яруса управления. Эта машина осуществляет расчет экономических параметров деятельности предприятия и обработку информации, полученной с нижнего уровня управления.

Стойка сигнализации представляет информацию оператору в виде светящегося табло и отдельных лампочек. Пульт диспетчера расположен в центральной части диспетчерского пункта, который состоит из трех основных частей:

- центральная;
- левая;
- правая.

Перед оператором центральной части находится маленькая мнемосхема контролируемого объекта. В правой части терминальные устройства для контроля состояния системы. В левой части переговорное устройство: устройство печати и телефона.

Лекція 22. Система центрального контролю

Система центрального контроля(СЦК)

Основным значением СЦК является контроль состояния технического объекта.

При этом решаются две задачи:

1. устранение аварийной ситуации;
2. согласование пропускной способности с потоком информации от системы.

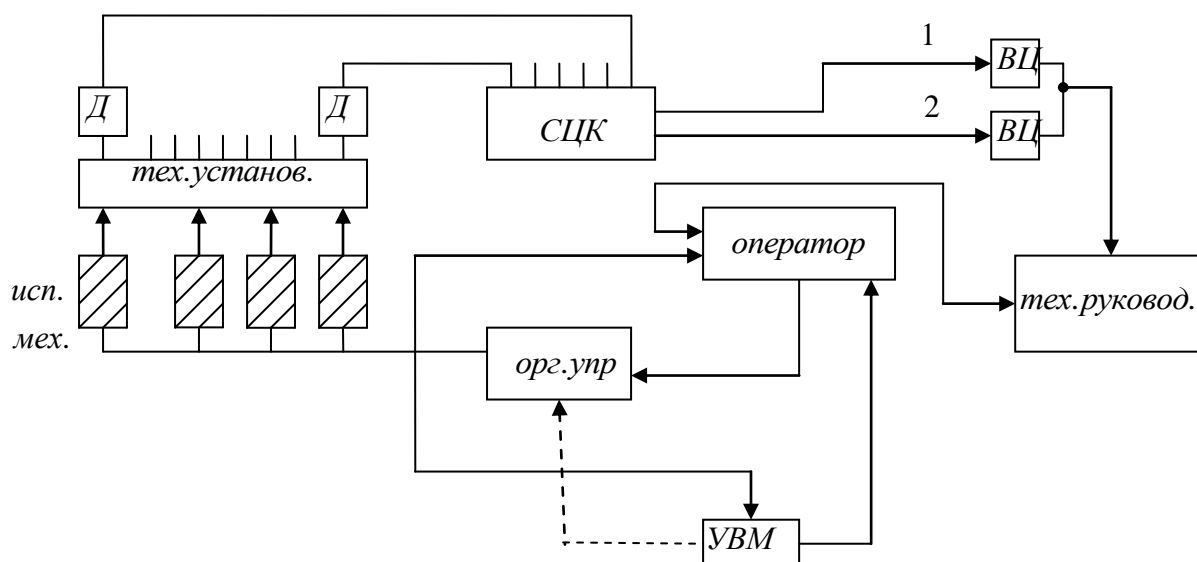
СЦК разделяет информационный поток на три потока:

- 1) поток отчетной информации. Эта обобщенная информация выдается не в реальном масштабе времени;
- 2) статистическая информация – это информация истории объекта или системы;
- 3) оперативная информация необходима для управления объектом.

Т.к. у оператора ограничена пропускная способность, поэтому изменение параметров, находящихся в норме не обязательно представлять оператору.

Поток информации должен быть согласован с пропускной способностью оператора.

Структурная схема управления технологического процесса.



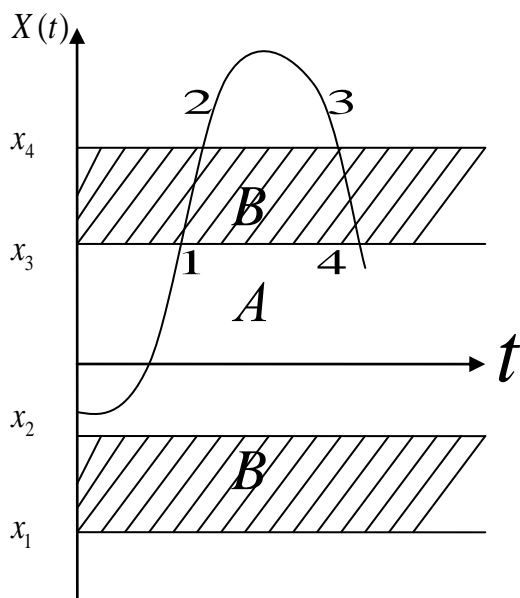
УВМ – управляющая вычислительная машина.

В случае аварийной ситуации система центрального контроля (СЦК) через УВМ воздействует на исполнительный механизм и останавливает технологический процесс.

УВМ также может служить советчиком для оператора. В таких системах предусматривается управляющее устройство, они воздействуют на объекты и другие устройства специальными служебными сигналами. Для осуществления обмена информации между устройствами необходимо унифицировать стыки отдельных блоков (использовать стандартный интерфейс).

Обнаружение отклонений в системе центрального контроля.

Важнейшей функцией этой системы является контроль значений параметров технического процесса. При выходе параметров за установленное значение система должна это обнаружить. При изменении параметров $x(t)$ и его развития существует несколько областей.



A – зона допустимого значения параметра

B – зона критических параметров

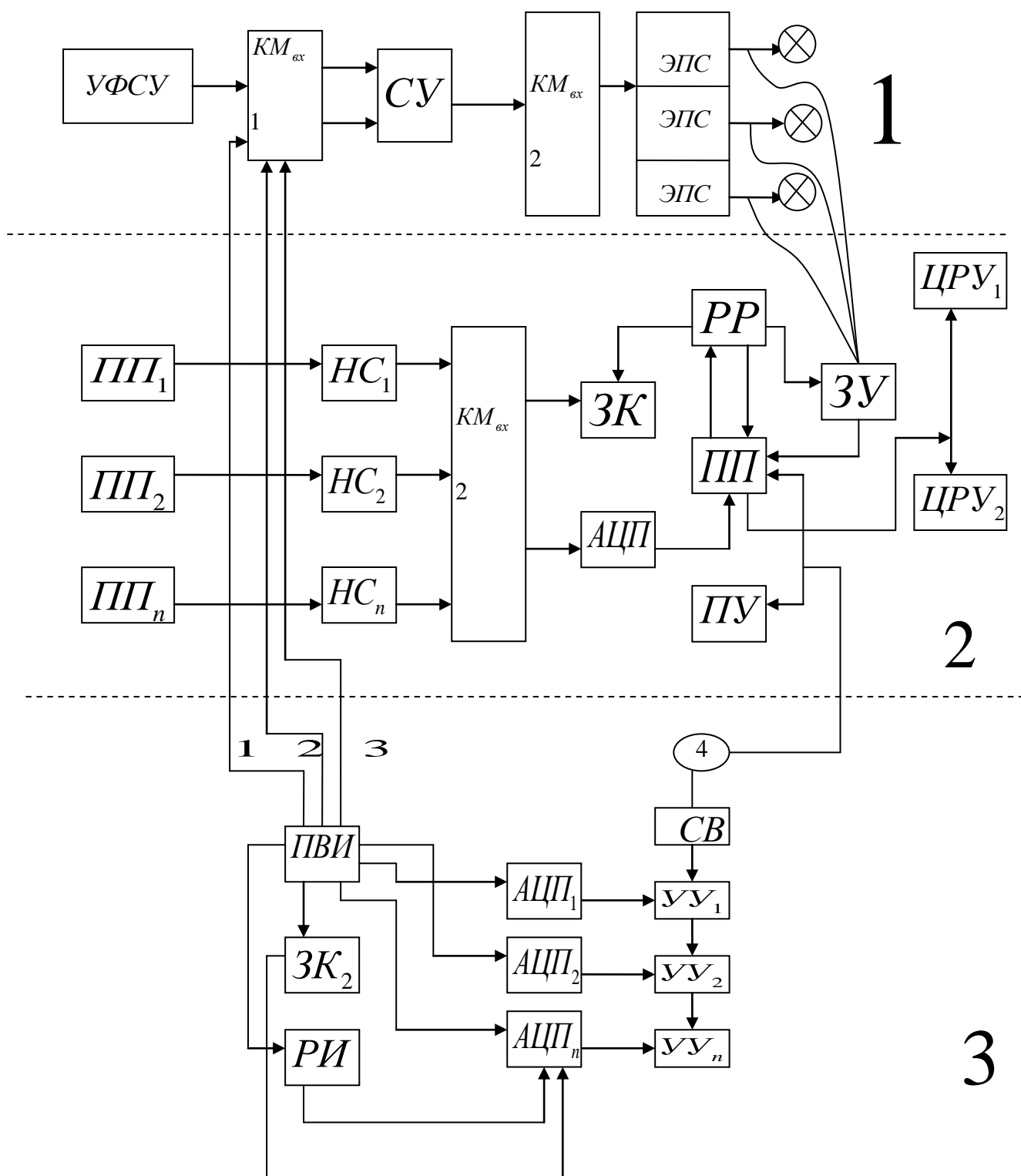
C – аварийная зона.

Параметр должен находиться в зоне A. В зоне B после прохождения т.1 срабатывает предупреждение сигнализация. Кроме этого оператор с помощью системы определяет скорость нарастания сигнала и прогнозирует поведение системы в будущем. На рис. показан случай когда произошёл отказ. Система останавливается в т.2 и т.3. После устранения отказа система вновь включается. Сравнение параметров в т.1 и т.2 производит устройство сравнения с уставками.

Пример: схема центрального контроля (цикл 2) – схема предназначена для контроля регистрации и сигнализации, регистрации по оператору, скорость или частота опроса. Система включает 3 подсистемы:

- 1) подсистема обнаружения отклонений;
- 2) подсистема измерения и регистрация параметров;
- 3) подсистема измерения по выбору оператора.

Сигналы ПП первичных преобразователей поступают на нормализующие схемы НС – НС с выхода схем снимаются токовый сигнал 0,5 мА сигналы от всех поступают на вход коммутатора 1. $KM_{\text{вх1}}$. Работу 1 подсистемы организуют распределитель отклонений. По сигналу от распределителя отклонений через коммутатор вх.1 токовый сигнал поступает на сравнивающее устройство СУ, сюда же вводится значение уставки. Сравнение происходит в аналоговой форме. Сигнал сравнения от СУ через коммутатор вых.2 поступает на соответственный элемент памяти сигнализации (ЭПС). В качестве элемента памяти используется обычный триггер. В случае выходного параметра за значение уставки загорается сигнальная лампочка одновременно результат сравнения записывается в запоминающие устройство.



Коммутатор вх.1 и вх.2 работает синхронно. Таким образом, осуществляется измерение параметров 200 штук. За 2с значение каждого параметра сравнивается с уставкой 5 раз.

Измерение параметров осуществляет АЦП последовательно для каждого канала. Распределители регистрации управляют работой всей системы. Он вырабатывает импульсы переключения для коммутатора вх.2. Скорость

переключения коммутатора 500 перек./сек. Токовый сигнал 0,5 мА поступает через коммутатора вх.2 на АЦП. Регистрация осуществляется в 2 режимах :

- 1 – режим нормальной работы (периодическая регистрация)
- 2 – аварийный режим.

При периодической регистрации значения параметров документируются на бумаге через 4 часа работы системы.

Регистрация начинается по сигналу от распределителя регистрации и счетчика времени СВ. Периодическая печать осуществляется цифровым регистром устройством ЦРУ. При печати регистра следующие данные:

1. Номер канала
2. Время
3. Назначение параметра, все 12 знаков

ЦРУ печатает не более 10 знаков секунду. Если будут регистры, которые имеют 200 параметров, то необходимо 6 – 40 минут. За это время можно получить отказ системы.

Перед началом регистрации все 200 параметров опрашиваются подсистемой регистрации. Если отключений нет, то начинается периодическая регистрация: регистрируются первые 10 каналов за 15 – 20 секунд.

После этого производится опрос всех каналов. Если отключений нет, то начинается периодическая регистрация: регистрируются следующие 10 каналов за 15 – 20 секунд и т.д.

При аварийной ситуации из ЗУ сигнал поступает на программное устройство. В этом сигнале закодирован номер сигнала, в котором обнаружен отказ. По сигналу ЗУ распределитель регистрации прерывает все операции и подключает на коммутатор вх. 2 нужный канал с отказом.

Измеряется значение параметров, которые вышли за пределы уставок и регистрируются на цифровом регистрирующем устройстве. Печать при этом красным цветом.

Лекція 23. Агрегатні засоби АСЕТ.

Агрегатные комплексы ГСП (государственная система приборов). Средства АСЭТ. Классификация средств АСЭТ. ИИС в АСЭТ.

Идея агрегатирования технических средств возникла в 60 – е годы. Был разработан ряд технических средств относительно автономных, но обладающих всеми видами совместимости (электрической, конструктивной, метрологической). Это позволило создать систему из ограниченного числа модулей, которая может решать различные задачи.

Системы ГПС делятся на два вида:

- системы широкого назначения (универсальные);
- специализированные системы.

Классификация систем широкого назначения.

1. АСЭТ – агрегатированное средство электроизмерительной техники;
2. АСВТ-М - агрегатированное средство вычислительной техники в интегральном исполнении;
3. АСКР - агрегатированное средство контроля регулирования КТС ЛИУС-2
4. АСПИ - агрегатированное средство для испытаний на прочность;
5. АСТД - агрегатированное средство для систем технической диагностики;
6. АСХМ - агрегатированное средство хронометрирования.

АСЭТ – это набор агрегатированных средств, позволяющих создавать ИИС, нижний ярус АСУТП, предназначенных для сбора, преобразования информации от преобразователей электрических и неэлектрических величин. Как правило, системы АСЭТ строятся для измерения параметров электрических сигналов. Здесь используется не интерфейс – общая шина, а приборные системные интерфейсы, т.е. унифицированы выходные разъёмы всех блоков. Преобразователи и измерители АСЭТ можно использовать автономно.

Все устройства АСЭТ можно разделить на четыре группы:

1. Первичные измерительные преобразователи. Коммутаторы сигналов.
2. Устройства измерения электрических и неэлектрических величин. ЦАП и АЦП. Устройства представления информации.
3. Устройства управления. Устройства связи.
4. Вспомогательные устройства.

ИИС на базе средств АСЭТ

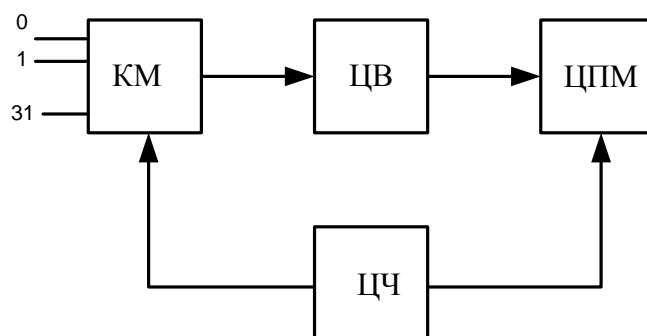
Особенностью обозначения ИИС на базе средств АСЭТ является то, что к номеру ИИС добавляется буква «К». К200, К484, К732 и т.д. Такие ИИС позволяют измерять в автономном режиме переменный ток в диапазоне $(10^{-2} \div 10^{-3})$ А, переменное напряжение $(-10^{-3} \div 10^3)$ В, частоту до 10^8 Гц, температуру, усилие, имеют сопротивление изоляции до 10^8 Ом

Особенности ИИС на базе АСЭТ:

- это системы жёсткой структуры;
- это информационно – измерительные системы;
- имеют широкий диапазон контролируемых сигналов;
- сравнительно высокую точность измерения сигналов;
- невысокое быстродействие;
- эта система предназначена для решения задач автоматизации энергетических объектов и ряда специальных задач, а также для диагностики измерений.

К484

Предназначена для измерения постоянных напряжений в циклическом режиме. Упрощённая структурная схема представлена на рисунке 1.



КМ – коммутатор на 32 канала;
 ЦВ – цифровой вольтметр;
 ЦПМ – цифropечатающая машина;
 ЦЧ – цифровые часы, для синхронизации КМ и процесса печати.

Рисунок 1 - Упрощённая структурная схема К484

К200

Предназначена для измерения напряжения постоянного тока в диапазоне $(10^{-3} \div 10^{-2})$. Возможно измерение сигналов термо – ЭДС.

К732

Предназначена для измерения сопротивления тензодатчиков или датчиков температуры по 128 каналам.

К400

Позволяет измерять температуру в 400 – х точках.

АСВТ-М - агрегатированное средство вычислительной техники в интегральном исполнении представляет собой набор аппаратных и программных средств, реализующих задачи сбора, обработки, представления и управления информацией. Средства **АСВТ-М** создают иерархическую (древовидную) структуру из двух – трёх уровней преобразования информации. На объекте устанавливаются ПИП со встроенными МП. Они осуществляют предварительную обработку информации и уменьшают избыточность информации, которая в виде цифрового кода поступает на второй уровень, состоящий из МИНИ или Микро ЭВМ. Основой **АСВТ-М** является управляющая вычислительная машина

Лекція 24. Агрегатний комплекс МікроДАТ.

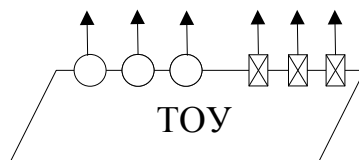
Комплекс МікроДАТ – это телемеханический комплекс, представляющий собой агрегатный комплекс, предназначенный для реализации локального яруса автоматических систем управления технологическими процессами и агрегатами в промышленности.

Эти средства используются для создания обособленных, встроенных в систему локальных систем.

Локальные ИУС МікроДАТ решают следующие задачи:

1. получение и обработка технической информации;
2. организация технического контроля за ходом технического процесса;
3. функции цифрового регулирования ходом технического процесса (управление локальными регуляторами);
4. организация программно-логического управления технического объекта;
5. ручного ввода и отображения технической информации;
6. передача данных между отдельными локальными системами.

Вывод: средства МикроДАТ используются в качестве активного устройства связи с объектом (активного УСО)



Принципы построения МикроДАТ

МикроДАТ является технической системой и его построение основано на следующих системных **принципах**:

1. системный подход к разработке, внедрению, технических средств. Технические средства МикроДАТ называются – **агрегатными средствами (АС)**.
2. унификация конструктивной базы;
3. типизация технических структур;
4. стандартизация интерфейсов;
5. широкое агрегатирование по нескольким компоновочным уровням (уровень объекта, уровень координации, уровень оптимизации).

Системный подход предусматривает:

- функциональную структуру и конструктивную полноту средств; Это требование означает, что средства МикроДат обеспечивают возможность эффективного решения ряда типовых задач в различных условиях эксплуатации систем.
- информационную метрологическую, конструктивную, технологическую, сигнальную совместимость агрегатных средств между собой, а также совместимость комплекса МикроДАТ с другими комплексами.
- техническая, вспомогательная, сервисная, программное и нормативное обеспечение разрабатываемых технических средств.

Унификация конструкторской базы предусматривает разработку и создание семейств унифицированных технических конструкций (УТК) такие как: плата; компоновочные конструкции (шкафы, столы и т. п.)

Типизация технических требует анализа, обоснования и выбора типичных технических структур МикроДАТ, которые обеспечивают максимальную эффективность использования комплекса технических средств (КТС).

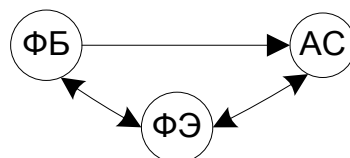
Стандартизация интерфейсов – это установление и применение единых норм, требований и правил, гарантирующих информационное объединение изделий в тип структуры, т.е. – выбор системы.

Агрегатирование МикроДАТ предусматривает разработку ограничений номенклатуры агрегатных средств и типовых компоновочных конструкций для построения множества объектно-ориентированных изделий (ООИ) и систем с наибольшим соответствием требованиям заказчика.

Состав средств МикроДат **Аппаратная часть средств МикроДат**

Аппаратная часть включает в себя следующие модули изделия:

1. Агрегатные средства (модули), функциональные блоки (элементы), образующие элементную базу средств МикроДат.
Т.е. эталоном любой структуры информационно-управляющей системы является функциональный элемент (ФМ, ФБ (блок))



2. Компоновочные изделия образуют конструктивную базу локальных АСУ ТП.

Компоновочные элементы – крейд, где размещается 23 (28) плат;

- поворотная рама, где размещена крейд;
 - стол, шкаф, различного исполнения, куда помещают поворотную раму.
3. Стендовое и сервисное оборудование составная часть производства и эксплуатации системы.
 4. Изделия вспомогательного назначения, это источники электропитания, фильтры, вентиляторы.

Агрегатные комплексы

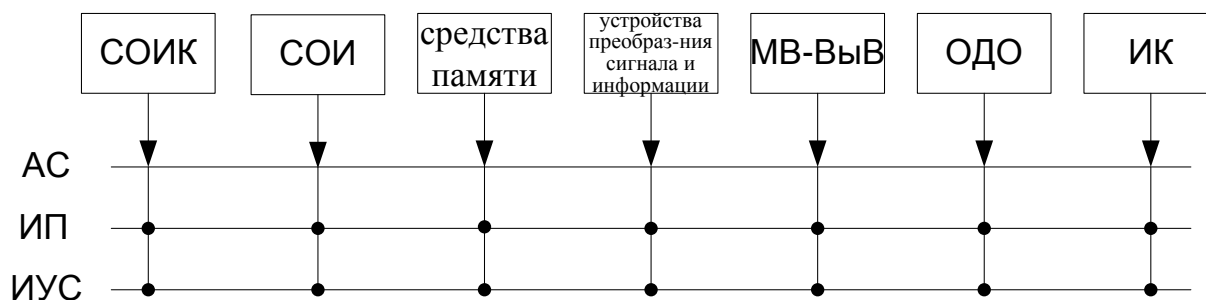
Существует определенная номенклатура АС (агрегатных средств).

Основу номенклатуры составляет агрегатные модули (АМ). В системе предлагаются и схемы взаимодействия этих модулей и набор типовых модулей.

Изготовитель анализируя запросы заказчика и создает типовую номенклатуру для многих систем.

В состав номенклатуры АС входят следующие группы АС:

АС МикроДАТ



СОИиК – средства обработки информации и контроля

СОИ – средства отображения информации

Средства памяти (ОЗУ, ПЗУ, ППЗУ...)

МВ ВыВ – модуль ввода-вывода

ОДО – средства операционного диспетчерского оборудования

ИК – интерфейс карты (контроль связи)

Номенклатура АМ любой системы должна обеспечивать возможность подключения к системе любых стандартов средств обработки и вывода информации.

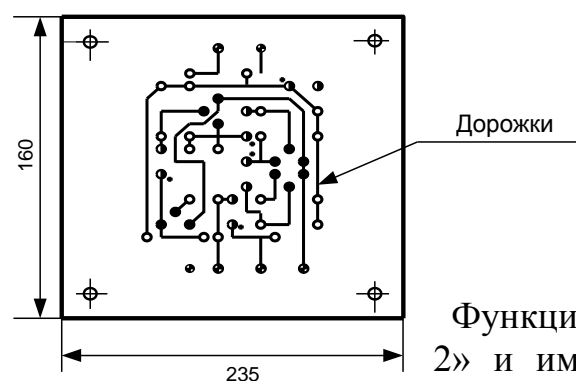
Конструктивная база МикроДАТ

Основной конструктивной базой МикроДАТ является система унифицированных типовых конструкций (УТК).

Система УТК предполагает наличие конструктивов 3^х уровней:

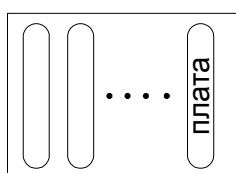
1. плата - конструктивный элемент «0» порядка; - это диэлектрик;

Стеклотекстолит – лист пластика определенного состава, цвет желтовато-зеленый, покрыт медью способом электрического осаждения.



Функциональная схема построена по стандарту «Европа 2» и имеет размер 235 на 160. На ней размещается функционально законченный блок (К, АЦП, ЦАП, элемент управления). Для сложных элементов иногда используется 2-я плата.

Конструктивный элемент «0» порядка размещается в крейд, где размещены 23 платы с шагом установки 23мм.



Разъем – соединитель, т.е. разъемное соединение; допускает многократные соединения и выемку.

Два требования к разъему:

1) в месте пайки не должно быть потери контакта

2) в посадочных местах РПП-72 это палладированные разъемы,

контакты должны быть очищены.

Крейд – это конструкторский элемент первого прядка.

Крейды (корзины) помещаются в конструкторские элементы второго порядка (шкафы, тумбы).

Типовые технические структуры

Практический и теоретический опыт создания АСУ ТП подтверждает плодотворность такого подхода, когда общие задачи управления распределяются по уровням системы. При этом задачи, отнесенные к первому уровню распределяются по горизонтали между подсистемами данного яруса. Правила формирования числа ярусов могут быть различны. Наибольшее распространение получил критерий одинакового времени выполнения операции; 2^x и 3^x уровневые структуры называются иерархическими.

1-й уровень – это уровень объекта управления. Этот уровень работает в реальном масштабе времени, т.е. недопустима задержка.

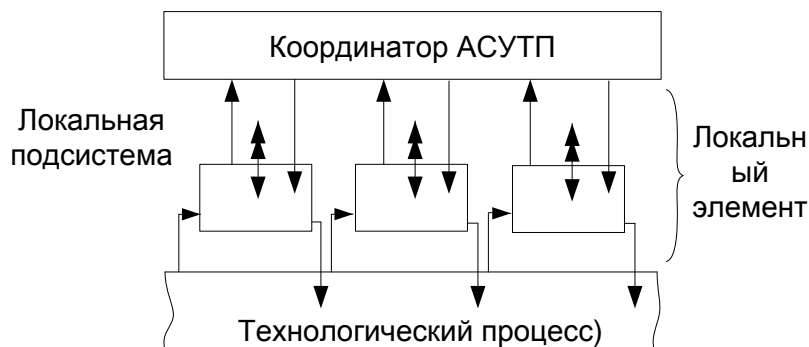
2-й уровень – уровень координации. Локальный координатор может объединять несколько подсистем. Координатор меняет задание локальным системам нижнего уровня в ответ на внешние возмущения и др. факторы.

3-й уровень оптимизации поведения.

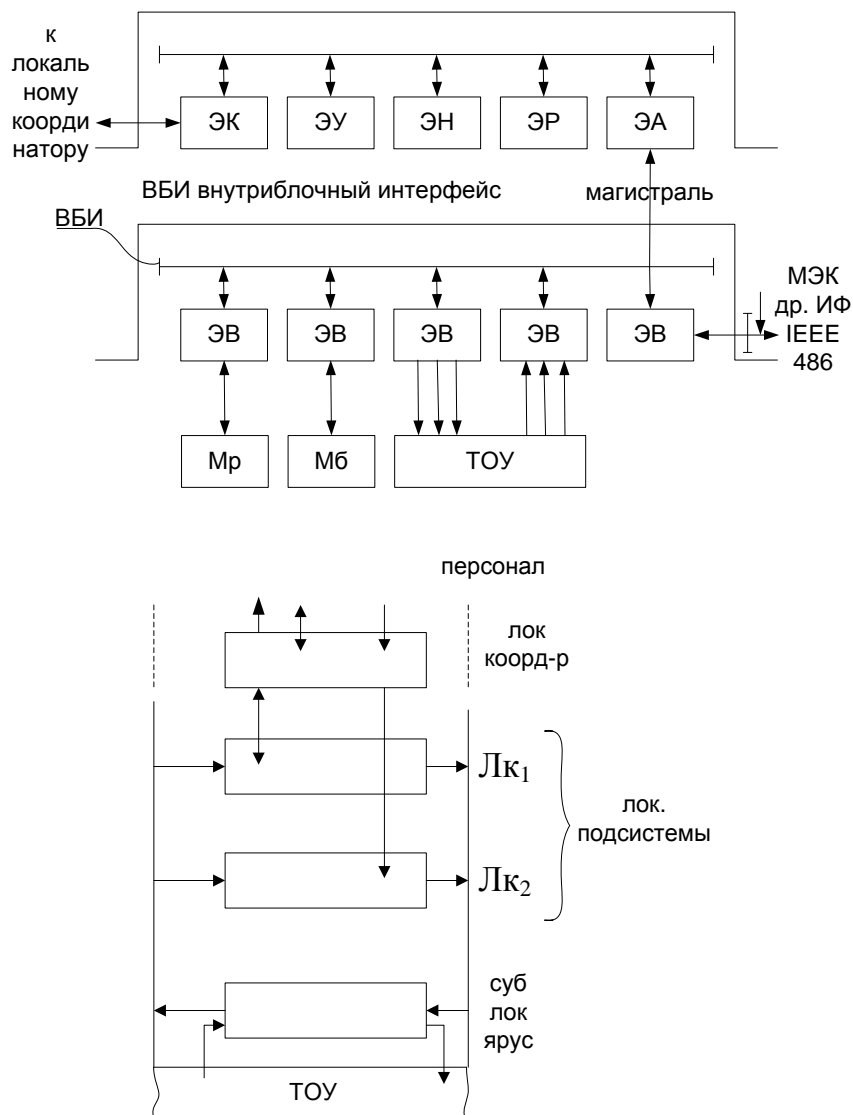
Примером горизонтального распределения по технологическим участкам данного яруса может служить литейный цех.

Основу локального яруса образуют относительно обособленные микропроцессорные комплексы.

Функциональная структура локального яруса АСУ ТП



Структура локального комплекса на базе средств МикроДАТ



ТОУ- технический объект управления,

ЭУ – элементы управления, организуют обмен данными.

ЭК – электронные контролеры, выполняют функции приема, обработки и выдачи данных.

ЭП – элементы памяти, это приемники/источники информации.

ЭР – электронные распределители (источники/приемники)

ЭА – элементы адаптированные, для коммутации электрических цепей.

Для сопряжения объекта используют устройства ввода/вывода.

ЭВ – элементы ввода/вывода для подключения периферийного оборудования.

МБ – операторно-диспетчерские модули.

МР – модули ручного ввода.

Показаны информационные связи локальных комплексов с локальным координатором. Они осуществляется посредством ИФ через специальные контроллеры связи по межблочной магистрали.

Все локальные системы работают в реальном масштабе времени.

Для всех функциональных элементов, которые мы перечислили, выполняется условие конструктивной и электрической совместимости.

Конструктивная совместимость обеспечивает размещение функциональных элементов на выдвижных монтажных платах УТК.

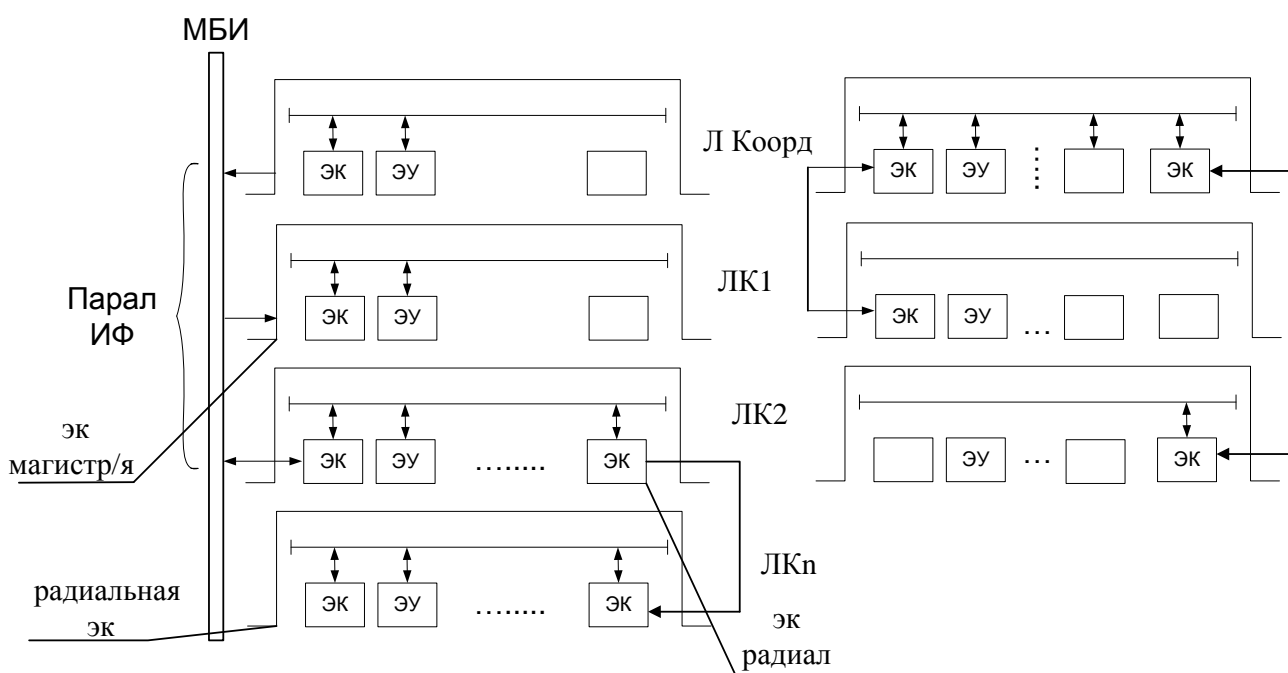
Информационные ограничения задаются внутриблочным ИФ ИК-1 (ВБИ)

Электрические соединения и совместимость задаются распределением шин питания и значением напряжений питаний по отдельным функциональным элементам.

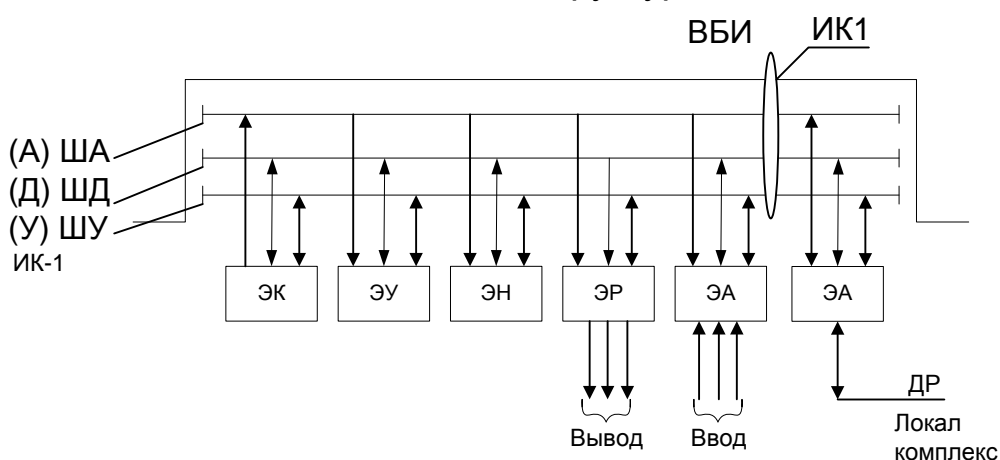
Ряд модулей типа Mg и Mr – это модули ручного и операторного ввода, т.е. они относительно автономны.

Информационные связи локальных комплексов с координатором осуществляются через ИФ.

Локальная система с магистральной структурой и координатором



Радиальная структура



Магистральные связи функциональных элементов

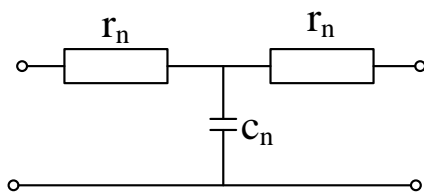
Выбор структуры и способа передачи информации между комплексами и функциональными устройствами зависят от 2 факторов.

1. требуемая скорость передачи;
2. дальность передачи информации;

В телемеханических системах управления и передачи информации существует последовательность ИФ связи (ИФ ИРС) и ИФ параллельно-радиальной связи (ИРПР).

$$\begin{aligned} \text{ИРПР} \Rightarrow l=5 \text{ м; } c=10+7 \frac{\text{бит}}{\text{сек}} \\ l=50 \text{ м; } c \leq 10^5 \frac{\text{бит}}{\text{сек}} \end{aligned}$$

Схема замещения кабеля:



Выводы:

1. Параллельные межблочные ИФ используются при перебоях высокой скорости передачи на малые расстояния $10 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$.
2. Последовательный ИФ обеспечивает экономию кабеля, позволяет увеличить дальность связи, но при этом существенно уменьшается скорость передачи $16 \frac{\text{кбит}}{\text{сек}}$.

Параллельный ИФ используется при компактном размещении системы.

Последовательный при значительных удалениях локального координатора и локальных комплексов.

Лекція 25. Робоче місце оператора

Стол студента – оператора представляет собой рабочее место по изучению программных и аппаратных средств микропроцессорной техники и систем на ее базе. В компоновочном каркасе стола собрана микроЭВМ, выполненная на базе микропроцессорного комплекта K580.

Стол студента – оператора позволяет:

- исследовать технические характеристики аппаратных средств;
- осуществлять подготовку исходных текстов программ;
- транслировать исходные тексты программ;
- включать в программу пользователя программы, реализующие часто встречающиеся математические операции и функции;
- осуществлять ввод – вывод информации с перфоленты, фотосчитывателя, устройства печати, знакосинтезирующего устройства и других средств ввода – вывода;
- работать в диалоговом режиме с видеотерминальным устройством.

Агрегатные модули МикроДАТ располагаются в двух компоновочных каркасах. Каждый каркас может содержать до 23 агрегатных модуля. Каркас имеет внутриблочную интерфейсную магистраль. Подключение агрегатных модулей к

интерфейсной магистрали осуществляется через разъем, розетка которого жестко закреплена на задней стенке каркаса. Рабочее место представляет собой двухпроцессорную ЭВМ, так как в каждом каркасе располагается процессор.

Первый каркас и агрегатные модули, которые он содержит, предназначены для подключения видеотерминала и символьной клавиатуры. Управление вводом информации с клавиатуры и выводом ее на экран осуществляется с помощью программы "Консоль". Связь между каркасами осуществляется через контроллер связи по межблочному интерфейсу.

Второй каркас содержит набор агрегатных модулей, необходимых для построения ИИК: процессор, управляющий работой всех агрегатных модулей и осуществляющий обработку информации; элементы оперативной памяти для хранения программ функционирования ИИК, данных и констант; элементы перепрограммируемой памяти для хранения программ Монитор и Бейсик; элементы ввода – вывода перфолент для ввода – вывода программ и данных. К первому каркасу подключена панель контроля и отладки, необходимая для запуска программ, чтения и записи информации в оперативную память.

Лекція 26. Функціональні модулі МікроДАТ (КС31.05, КС31.04, КС31.07).

Элементы ввода сигналов постоянного напряжений Системные (модульные) АЦП

Назначение: элементы ввода сигналов $=U$ и $=I$ предназначен для преобразования сигналов $=U$ нормального уровня в 2-й код нормального уровня.

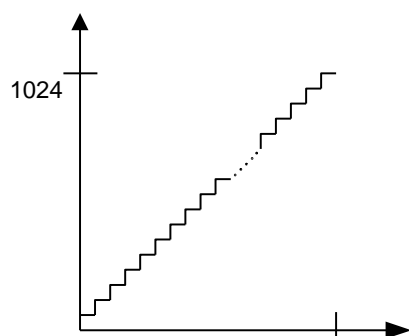
В настоящее используется в основном 3 типа АЦП

- АЦП поразрядного уравнивания
- АЦП времяимпульсного преобразования
- АЦП «сигма-дельта» « $\Sigma - \Delta$ », с дельта-модуляцией.

Сравнительная таблица модулей

Характеристики	Тип модуля	
	КС 31.04	КС 31.07
1. Тип АЦП	ПУ	Интегрального типа
2. Вх. сигналы (не ИФ)	-10÷0÷+10 В	-10÷0÷+10В
3. Вх. сигнал ИФ	ПРМ, ВДЧ, УСТ, А0÷А7	ПРН, ВДЧ, УСТ, А0÷А7
4. Вых. сигналы ИФ	Д0÷Д7, ОТВ, ЗПР	Д0÷Д7, ОТВ, ЗПР
5. Функция преобразования $f_n(x)$	$N = \frac{U_{вх}}{q} + 512$ q – шаг квантования, =20мВ	$N = \frac{U_{вх}}{q}$
6. Кл. точности	0,3/0,2	0,2/0,1
7. Число разрядов вых. тока	10	12
8. Время преобр-ния	100 мкс	40 мс
9. Коэф. подавляет помехи, дБ	60 дБ	120 дБ

$$U_H = \pm U_{BX} - (-U_{BX}) = 20.48 \text{ В}$$



$$q = 3107 = 5 \text{ В}$$

Эта 2 типа АЦП представляют две группы АЦП:

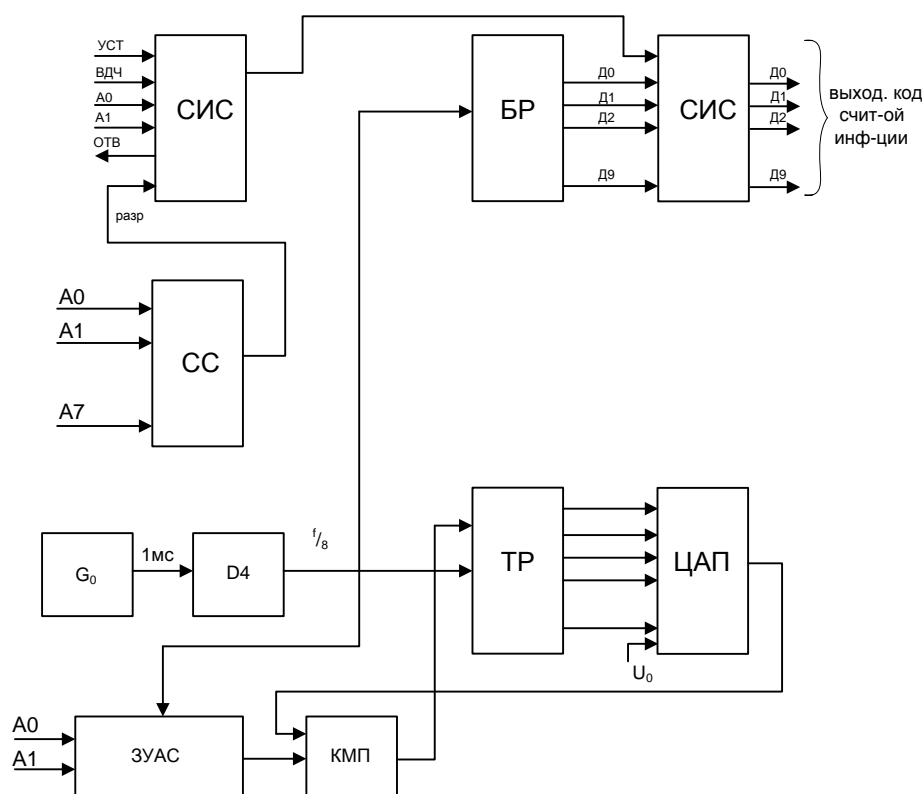
1. АЦП поразрядного уравнивания имеют \uparrow быстродействие 10-100 мкс, но \downarrow помехозащищенность;
2. АЦП интегрального типа 31,07 имеют \downarrow быстродействие 40-100 мс \Rightarrow 10-20 измерений в секунду, но имеют \uparrow помехозащищенность;

АЦП КС3104 (поразрядного уравнивания):

Назначение: АЦП 3104 – это 10 разрядное АЦП поразрядного уравнивания, для преобразования $=U$ в 2-й код.

Построим по принципу исполнения образцового ЦАП в цепи обратной связи уравнивания. Основные параметры в таблице.

Схема АЦП КС 31.04



СИС – схема ИФ связей
 БР – буф. регистр
 ВР – вых. регистр
 ТР – такт распрд.
 ЦАП (образцовый)
 Г₀ – задающий генератор
 D₄ – делитель частоты
 ЗУАС – зап. уст. анал. сигн.
 КМП – сигналов вх. U ЦАП

Работа устройства начинается с распознавания адреса А0÷А7, который установлен контроллером. При наличии этого сигнала, срабатывает схема совпадения и дает разрешающий сигнал на схему ИФ связей, которая разрешает

начало работы. На не ИФ шине $AC0 \div AC1$ постоянное измеренное $U = (-10 \div +10) В$. Это U поступает на запоминающее устройство аналогового сигнала. АЦП осуществляет преобразование за 12 тактов, длительность каждого такта 8 мксекунд, который формируется опорным генератором и делителем частоты. U в 1-й момент осуществляет запоминание входного сигнала, за $2T_0$. Далее U преобразуется в цифровой код, это занимает 10 тактов, управление тактами осуществляет тактовый распределитель. За каждые 8 мксекунд ТР включает сигнал 0.1÷9 при этом ЦАП формирует сигналы на 1 такте: 5,12 В

на 2 такте: 2,56 В

Т.о. за 30 тактов оказывается сформированным его разряд, который заложен в буферный регистр, а далее в выходной регистр.

Считывание его разрядного кода происходит побайтно:

00000011	11000000
⏟	⏟
мл. байт	ст. байт

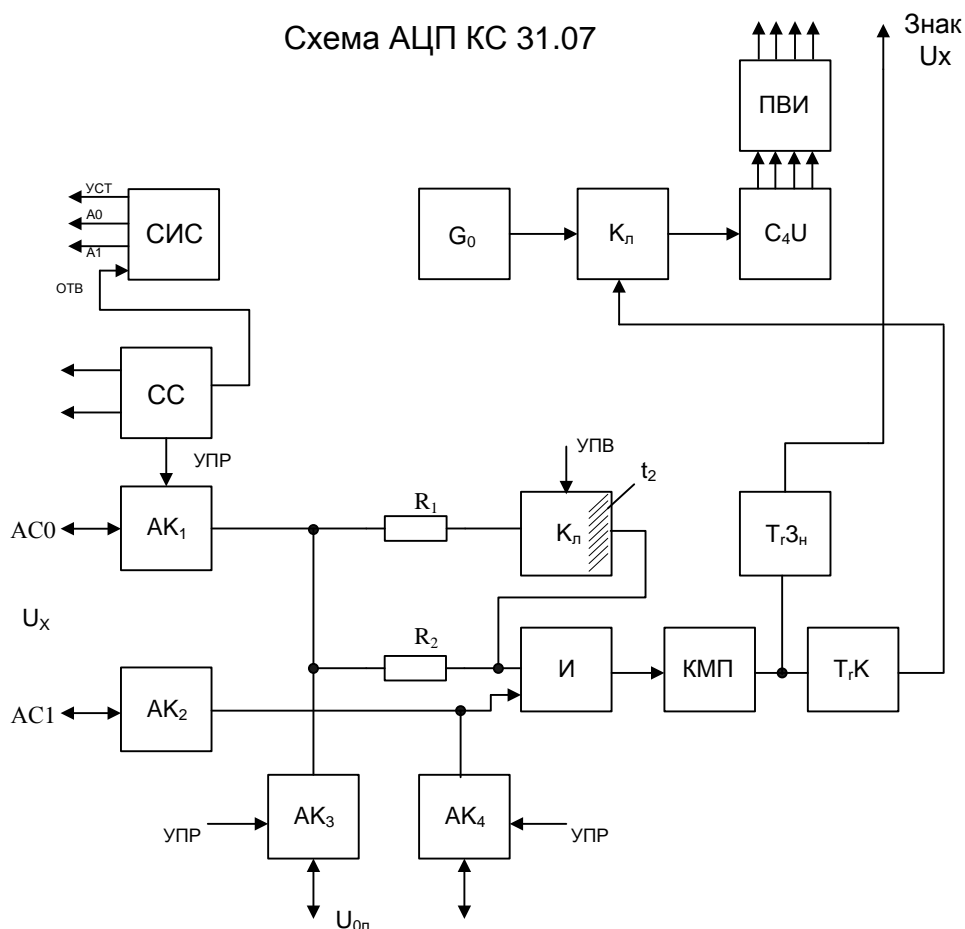
АЦП уравнивается драйвером.

Элемент КС 31.07

Назначение: КС 31.07 – 1 каналный АЦП разомкнутого типа, работающий по методу 20-го интегрирования с дополнительным аналоговым усреднением и автоматической аналоговой коррекцией сдвига нуля.

Основные характеристики АЦП приведены в таблице

Функциональная схема



$AK_1 \div AK_4$ – аналоговые ключи
 AK_1, AK_2 – для напряжения измеряемого U_x
 AK_3, AK_4 – для напряжения опорного $\pm U_{оп}$
 $K_{л}$ – ключ
 I – интегратор
 KMP – компаратор
 $T_r K$ – триггер компаратора
 $T_r Z_n$ – триггер знака
 G_0 – опорный интегратор
 $C_4 U$ – счетчик импульсов
 $ПВИ$ – панель выдачи измерений

Работа по функциональной схеме

Опознавание адреса элемента и управление работой АЦП происходит по схеме описанной ранее (см. АЦП 31.04).

В начале работы аналоговый сигнал AC_0, AC_1 – это напряжение U_x , поступают на вход U . На 1 м также происходит интегрирование входного сигнала за время t_0 .

Длительность этого интервала 10 мсек.

Момент t_1 замыкается ключ и параллельно сопротивлению R_1 подключается сопротивление R_2 . $R_1=R_2 \Rightarrow$ постоянная времени уменьшается вдвое.

В момент времени t_2 , $K_{л}$ размыкается и наступает постоянная интегрирования. Время $t_1, t_2, \Rightarrow 20$ мс. 3-й этап интегрирования также длится 10 мсек.

Также АЦП обладают \uparrow помехоустойчивостью.

В момент t_3 , входное напряжение U_x отключается, т.е. AK_1, AK_2 отключаются и включаются AK_3 и AK_4 . Включается опорное напряжение, по знаку противоположное измеренному и в момент t_3 и t_4 происходит возврат в исходную схему. За это время производится подсчет импульсов.

КС 3105 – блок коммутации сигнала (электронный, бесконтактный) для сигнала I и U нормального уровня матричного типа.

Пост $U = 10V; 5V$

Пост $I = 0 \div 5$ мА

Предназначен для поочередного подключения входных сигналов системы на вход АЦП.

Относится к элементам ввода сигнала и в процессе обмена является источником информации, т.е. схема «контроллер-источник» - информационного обмена.

Шифр элемента КС – это шифр МикроДат.

31 – класс сигналов ввода.

05 – означает бесконтактный коммутатор.

Состав элемента:

СИС – схема интерфейсных связей.

И – схема совпадения.

РА – регистр адреса.

ДША – дешифратор адреса.

ЭГР1 – элемент гальванической развязки по строкам.

ДШ ИК - матричный дешифратор 4х4 № канала.

АК1 – аналоговые ключи – дешифратор сигналов АСО.

АК2 – аналоговые ключи для сигналов АС1

Дешифратор имеет ряд модификаций, 30 лет, их различных комбинаций I и U, I и сигнала.

Сигналы 0÷10 В либо 0÷5 мА

Технические характеристики:

1. Число каналов, n = 16 шт;
2. Число коммутационных линий, e=2;
3. быстродействие; время коммутации 25 мксек
4. вх. сигналы U и I =

(-10-0-10)В

(-5-0-+5)мА

(-20-0-+20)мА

5. класс точности: 0,1/0,1 по сигналу U

0,2/0,1 по сигналу I

(появляется мультипликативная погрешность)

$$\partial U = \pm[0,1 + (\frac{U_{\kappa}}{U} - 1)]\%$$

6. 40 тысяч переключений в секунду

7. ИФ сигналы:

Д0÷Д3 - № ИК (данные)

А0÷А7 - адрес элементов А,

А0÷А1 – управление считывания

ВДЧ, ОТВ – сигнал управления

8. Не интерфейсные сигналы

= Y { АС0-0, АС0-1, ... АС0-15

= U { АС1-0, АС1-1, ... АС1-15

Работа по принципиальной схеме:

Схема ИФ связей обеспечивает соединение элемента с системой. После подготовки.

Управление работой коммутатора осуществляет драйвер.

Устанавливается адрес элемента А0-А7 => элемент открывается => появляется сигнал условной единицы и, при наличии сигнала ВДЧ-1 данные опознаются => схема И дает разрешающий сигнал и разрешается запись информации.

Дешифратор адреса дешифрует состояние всего 2-х старших и 2-х младших триггеров. Эти сигналы используются для гальванических развязок, и поступают на ДШ ИК.

У₁ и У₂ – это дополнительные усилители.

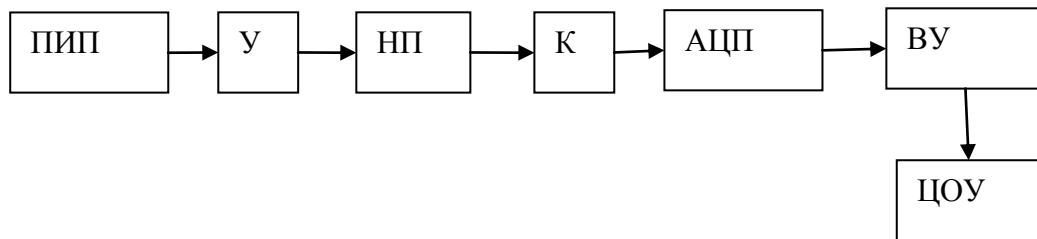
Диоды Д₁ и Д₂ рассчитаны для защиты канала от перегрузки.

Лекція 27. Нормативна документація у галузі метрологічного забезпечення ІВК

Нормирование метрологических характеристик (МХ) средств измерения (СИ)

ГОСТ 8.009-84 «Нормирование метрологических характеристик средств измерения»

Современная информационно-измерительная система (ИИС) состоит из ряда измерительных каналов, каждый из которых имеет следующую структуру.



Задача расчета МХ решается в два этапа:

I этап

1. Эскизное проектирование (т.о. расчет характеристик измерительного канала в соответствии с требованием технического задания);
2. Расчет ожидаемых МХ для выбранной спроектированной системы;
3. Экспериментальное определение точностных характеристик с определением МХ в реальных условиях эксплуатации.

На этом этапе сравниваются расчетные характеристики и реальные. Для расчета точностных характеристик канала в целом необходимо знание МХ отдельных компонентов измерительных каналов. Эти отдельные компоненты и их характеристики включают в себя и характеристики случайных погрешностей. Т.о. задача оценивания результирующей погрешности канала является статистической задачей.

До 1972 г. Статические погрешности измерительных каналов (ИК) не нормировались, использовали только показатель – класс точности. ГОСТ 8.009-84 установил комплекс нормированных МХ для любого компонента ИК. Т.о. появилась возможность расчета МХ ИК по МХ отдельных компонентов. Такие характеристики делятся на:

- статические;
- динамические;
- статистические;
- неинформативные параметры измеряемых сигналов.

№	Нормированные МХ	Форма представления
1.	Статические характеристики:	
1.1	Номинальная функция преобразования	таблица, график, формула. $f_H(t)$
1.2	Цена деления шкалы	C, C_{\min}
1.3	Входные и выходные импедансы	$Z_{\text{ВХ}}, Z_{\text{ВЫХ}}$
1.4	Динамический диапазон входных и выходных сигналов	$X_{\min} \div X_{\max}$ $Y_{\min} \div Y_{\max}$
2.	Динамические характеристики:	
2.1	Время установления показания	t_y
2.2	Переходная и импульсная характеристика	$H(t), h(t)$
2.3	Комплексный коэффициент передачи системы	$K(j\omega)$
3.	Статистические характеристики:	
3.1	Результирующая погрешность	$\Delta_{\text{доп}}, P_d, \Delta_{\text{доп}} = \overset{\circ}{\Delta} + \Delta_s,$ $M(\Delta), \sigma(\Delta)$
3.2	Систематическая погрешность	Δ_s
3.3	Случайная составляющая погрешности	$\overset{\circ}{\Delta}, M(\overset{\circ}{\Delta}), \sigma(\overset{\circ}{\Delta})$
3.4	Функция влияния внешних факторов	$\Psi(\Delta), \Psi_1(\Delta)$
4.	Неинформативные параметры – все параметры входных сигналов, которые непосредственно не связаны с информационными параметрами.	

Особенности метрологического обеспечения информационно-измерительных каналов (ИИК)

Любая самая совершенная ИИС должна быть метрологически корректной и удовлетворять требованиям системы единства измерений в соответствии с государственным стандартом и международными нормативными документами.

Выделение ИИС в специальную разновидность СИ обусловлено рядом их особенностей порождающих специфику МО ИИС.

Развитие измерительной техники в частности ИИС испытанных в АСУ ТП, усложнение измерительных задач и условий эксплуатации выдвигает новые требования к описанию свойств ИИС, прежде всего предназначенных для системного применения.

Приборы, рассчитанные на применение в качестве самостоятельных СИ для которых назначены классы точности, однозначно определенные комплексом НМХ практически не пригодны при синтезе ИК ИИС.

Комплекс НМХ должен выбираться так, чтобы по некоторой совокупности СИ, средств вычислительной техники и других устройств, входящих в состав ИК можно было определить МХ всего ИК.

Интеллектуализация СИ и ИИС, т.е. включение их в состав микропроцессора и ЭВМ с целью автоматизации обработки данных в режиме on-line, управление

процессом измерения приводит к необходимости создания и применения алгоритмов и программ обработки данных с учетом повышенных метрологических требований.

Рассмотрим результаты анализа основных особенностей ИИС и возникающих в связи с этим проблем МО.

Особенности ИИС	Основные проблемы МО ИИС
1 многофункциональность	обеспечение измерения ряда ФВ, построение обобщенных оценок на основе измерения большого числа параметров, вычисление комплексных параметров
2 наличие в составе ИИС ЭВМ	решение задач связанных с оценкой качества алгоритмов вычислительных программ
3 многоканальность	оценка уменьшения или исключения влияние одного канала на другой
4 неразрывная связь между многими ИИС с объектом, на котором они эксплуатируются, невозможность снятия таких ИИС с объекта без нарушения целостности	решение проблем проведения метрологического обслуживания в условиях невозможности привязки испытанных СИ к эталонам, путем перемещения СИ к месту расположения эталона, невозможность комплексной проверки ИК по условиям установки датчиков на объекте
5 сложность описания объектов и их моделирование	сложность учета влияния объекта на точность измерения в условиях дефицита априорной информации
6 агрегатный способ построения	возможность исследования ИИС как законченного целого только на объекте
7 распределенность компонентов и составных частей ИС в пространстве	учет влияния на точность измерений различных условий эксплуатации компонентов ИИС
8 возможность изменения состава ИИС в процессе эксплуатации	сложность регламентации требований к системам на момент их выпуска
9 наличие динамических режимов измерений	необходимость исследований динамических свойств системы и согласование их с объектом

Методы расчета и экспериментального определения МХ ИК ИИС

Различают 3 основных метода:

- 1) аналитический;
- 2) экспериментальный;
- 3) комбинированный.

Аналитические методы расчета МХ ИК ИИС

Их используют на стадии проектирования системы (это укрупненный расчет показателей качества системы). Для проведения расчета должны быть выполнены следующие условия:

1. заданы МХ компонентов ИК в соответствии с ГОСТ 8. 009 – 84;

2. для всех элементов канала должны быть заданы временные и частотные характеристики, позволяющие описать динамику элементов;

3. процесс образования погрешностей измерения должны рассматриваться как статический процесс, т.е. должен учитываться случайный характер результирующей погрешности.

Аналитический расчет производится после того, как классифицированы элементы канала, имеется в виду, что необходимо определить:

- вид структуры ИК;
- вид сигнала (аналоговый или цифровой);
- элементы сигнала (уточнить инерционные и безинерционные звенья);
- элементы линейные или нелинейные.

Лекція 28. МХ ІВК. Розрахунок МХ ВК по метрологічним характеристикам компонент.

Лекція 29. Поверка ІВК

Поверка ІИС.

Поверкой ІИС называют процедуру определения ее реальных метрологических характеристик государственными и ведомственными метрологическими службами, проводимые с целью установления соответствия реальных МХ номинальным.

ГОСТ 8.002-71 устанавливает общие требования при проведения поверки СИ. Действует ГОСТ 8.002-91.

ГОСТ 8.438-81 устанавливает требования при поверке ІИС. Поверка ІИС бывает: комплексная и поэлементная.

В зависимости от срока проведения поверки они делятся на:

1) Первичная поверка – осуществляется на заводе изготовителя при выпуске ІИС;

2) Очередная поверка – осуществляется один раз в год и выдается свидетельство;

3) Инспекторская поверка – осуществляется государственными представителями поверителями как правило внезапно;

4) Внеочередная поверка – осуществляется в двух случаях:

а. когда производится расконсервации ІИС;

б. аварии или отказ системы.

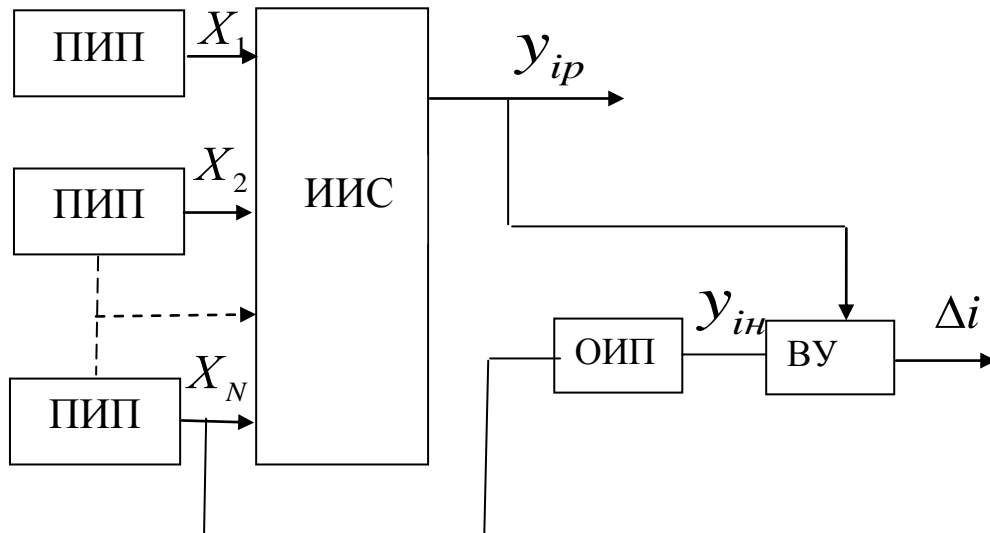
Поэлементная поверка осуществляется для отдельных блоков системы. При этом система не прекращает своей работы.

ГОСТ 8.438-81 устанавливает, что в составе ІИС характеризуется как образцовое средство измерений или образцового по точности сигнала то они подвергаются поверке в следующий год. Этот ГОСТ устанавливает комплекс документов и предоставляется разработчиком системы в период государственной

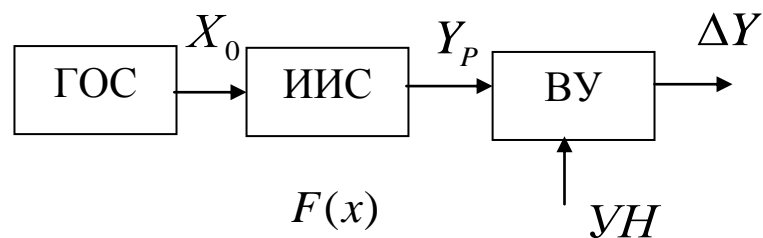
поверке. Так же этот ГОСТ допускается для поверки ИИС автоматизированных метрологических систем.

Методы комплексной поверки ИИС.

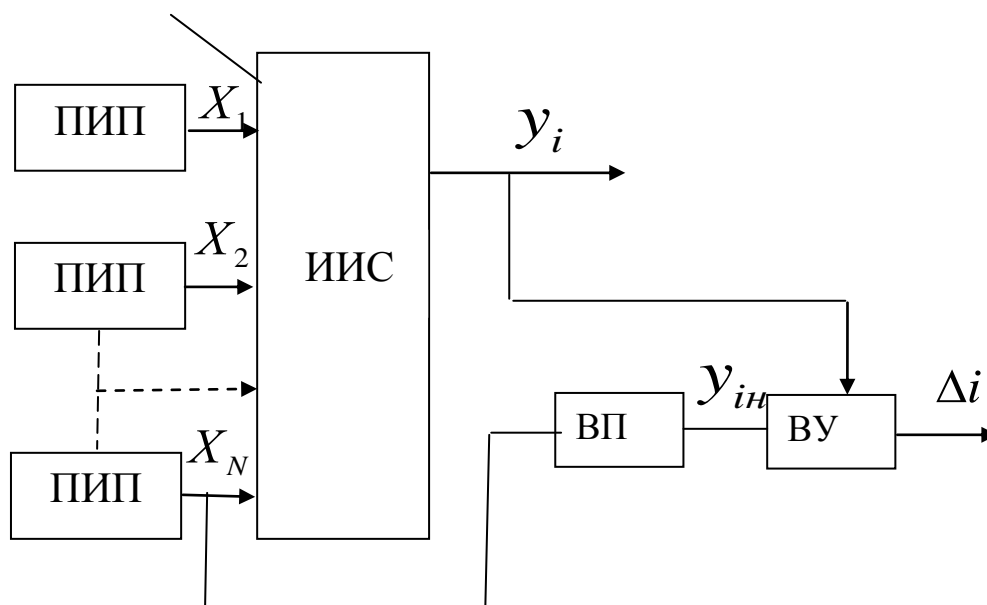
1) метод образцового измерительного прибора. Он используется для поверки отдельных ИК и ИИС (по ГОСТ 8.438 - 81)



2) метод образцовых сигналов.



3) метод встроенного автоматизированного контроля.



Поэлементная поверка ИИС.

При такой поверке отдельные элементы подвергаются как обычные измерительные приборы, зная алгоритм функционирования, определяется результирующей погрешностью системы по погрешности отдельных компонентов, это позволяет учесть взаимное влияние каналов.

Достоинства:

- 1) система не прекращает своей работы.
- 2) нет необходимости устанавливать дополнительную поверочную аппаратуру.

Недостатки: нужно иметь запасную систему.

При поверке ИИС обычно производят общий осмотр системы. Выполняется проверка наличием контрольных пломб и осуществляется проверка общей работоспособности системы.

Лекція 30. Розрахункові методи визначення МХ ІВК.

Расчетные методы определения МХ ИИС ИК

Необходимость применения расчетных методов определения МХ систем по МХ компонент обусловлена агрегатным принципом построения ИИС.

Поскольку расчетные методы предполагают, идеализацию свойств системы и требуют большого объема определенной информации их использование должно быть обосновано технико-экономическими причинами.

Методы распространяются на ИК состоящие из последовательно включенных линей сигналов компонент, а также на ИК содержащие дискретные компоненты, влияния, дискретности которых на неопределенность показаний ИК можно пренебречь.

Для того чтобы правильно предоставить исходные данные для расчета, в виде функциональных зависимостей связывающих МХ с выходными и выходными сигналами, необходимо выбрать математическую модель компонент. Как правило, в

НД отсутствуют полные данные, необходимую для построения модели, поэтому при применении расчетных методов необходимо провести исследование по построению модели и выполнить проверку ее адекватности.

В общем случае расчет номинальной функции преобразования характеристик неопределенности показаний ИК, основан на последующем приведении выходного канала к функции преобразования и составляющей показаний ИК, а также их суммирование.

Рассмотрим на примере определение номинальной функции преобразования ИК.

Исходные данные:

N – количество компонентов каналов;

$F_{SA}(x)$ – номинальная функция преобразования каждого компонента, $i=1 \dots n$, задается в виде линейной функции входного сигнала

$$F_{Sai}(x) = A_i x + a_i,$$

где A_i и a_i – мультипликативная и аддитивная составляющая функции преобразования, определяется по формуле:

$$A^i = \prod_{i=1}^N A_i$$

Аддитивная составляющая определяется по формуле:

$$a_i = \sum_1^N a_i \prod_{j=i+1}^N A_j$$

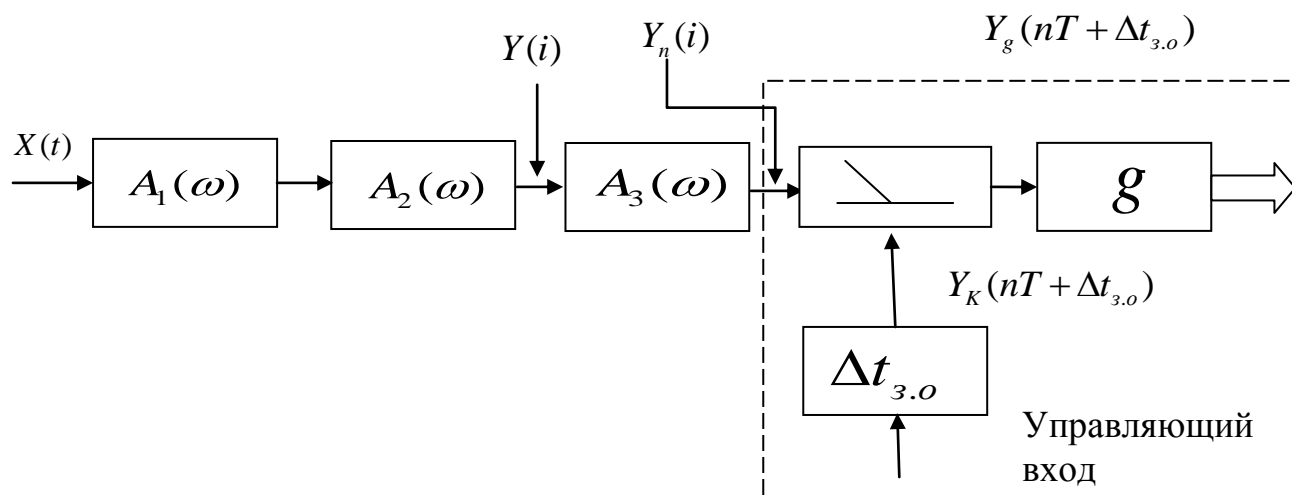
Номинальная ФЧХ наибольшее допустимое отклонение от него рассчитывается по формуле:

$$\Delta\varphi_a(\omega) = \sum_{i=1}^N \Delta\varphi_i(\omega)$$

Данное соотношение можно использовать при двух условиях ИК состоит из линейных аналоговых компонентов либо включает в свой состав дискретные компоненты, нелинейными инерционными свойствами можно пренебречь. В ИК имеет вместо стационарный режим когда математическое ожидание и дисперсия входного сигнала не зависят от времени, а корреляционная функция зависит.

В большинстве случаев МХ измерительных систем поддерживает аналого-цифровой преобразователь, который осуществляет дискретизацию по времени квантования, по уровню прерывания, по времени сигнала на выход аналоговой части ИК.

При построении модулей ИИС находят из предположения, что АЦП идеальный для квантования. Однако при широкополосных сигналах, а также при измерений и регистрации, быстро меняющихся величин, динамическая модель ИК может быть представлена в виде показанного на рисунке.

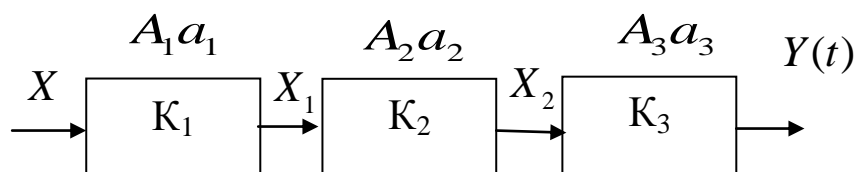


ИК представлен как последовательное соединение аналоговых компонентов, включающих входные устройство и АЦП, с дискретной нелинейной частью, в которой выполняется операция дискретизации по времени и квантованию по уровню. В этом случае динамические свойства дискретной части определяются средней задержкой отсчёта и аппаратным временем, которое является характеристиками динамических свойств АЦП. При этом задержка отсчёта – это разность между заданным и действительным моментом отсчёта, имеющим систематическую составляющую $t_{3.c}$, которую всегда можно считать как поправку, она определяется по формуле:

$$t_{3.c} = t_{3.c} + \Delta t_{3.c}$$

Числовые характеристики распределяют задержки отсчёта связаны с амплитудой времени t_a , поскольку $t_{3.c}$ зависят от уровня и скорости изменения входного сигнала АЦП.

Например, для ИК состоящего из трёх последовательно соединённых звеньев с коэффициентов преобразования K_1, K_2, K_3 . Аддитивные и мультипликативные функции преобразования, которые обозначим через $A_1a_1; A_2a_2; A_3a_3$. Расчёт номинальной функции преобразования производится следующим образом:



$X_1 = A_1 \cdot x + a_1$ - входной сигнал второго компонента, выходной сигнал, который представлен в виде:

$$X_2 = A_2 \cdot x_1 + a_1 = A_2(A_1x + a_1) + a_2 = A_1A_2x + A_2a_1 + a_2$$

Для третьего компонента

$$X_3 = A_3 \cdot x_2 + a_3 = A_3(A_1 A_2 \cdot x + A_1 a_1 + a_2) + a_3 = A_1 A_2 A_3 \cdot x + A_2 A_3 \cdot a_1 + A_2 A_3 a_1 + A_3 a_2 + a_3$$

Исходными данными для расчета динамических характеристик ИК является номинальной АЧХ компонентов.

$Aa_i(\omega)$, номинальная ФЧХ, $\varphi_{ai}(\omega)$ и наибольшим отклонением $\Delta Aa_i(\omega)$, $\Delta \varphi_{ai}(\omega)$

$$\Delta Aa_i(\omega) = \sum_{i=1}^N \Delta Aa_i(\omega) \prod_{i=1}^N Aa_i(\omega) \prod_{i=1}^N Aa_i(\omega)$$

Математическое ожидание преобразованных выходных сигналов со спектром $S_x(\omega)$ имеет вид

$$\varphi_2(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_x(\omega) \prod_{i=1}^S Aa_i(\omega) Aa_y(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

где $\Delta Aa_i(\omega)$ - АЧХ аналоговых компонентов.

$Aa_y(\omega)$ - АЧХ аналоговых АЦП сигнал с выхода дискретизатора имеет вид

$$Y_K(nT + \Delta t_{3,и}) = \int_{nT-\alpha}^{nT+\alpha} Y_K(t) \sum_{-\infty}^{+\infty} \delta[t - (nt + \Delta t_{3,о})]$$

α интервал интегрирования слева и справа от заданного положения временного отрезка.

Период дискретизации сигнал с выхода квантователя в целом может быть представлен с помощью нелинейной пилообразной функции $E(Y_K)$ и может быть представлен в виде :

$$Y_g(nT + \Delta t_{3,о}) = Y_K(nT + \Delta t_{3,о}) - E_g(Y_K)$$

$$\Delta Y_K = \frac{Y_g}{nT} \Delta t_{3,о}$$

На основе этой формулы по конкретным значения этого ряда полученных результатов измерений можно вычислить погрешность в каждый момент времени.

Лекція 31. Проблеми й тенденції розвитку у галузі випробувань і перевірки ІВС

Проблемы и тенденции развития в области испытаний и поверки ИИС.

Проблемы проведения испытаний СИ и ИИС тесно связаны с проблемами их метрологической надежности, под которой понимают способность СИ или ИИС сохранять установление значений МХ в течении заданного времени при определенных режимах и условия эксплуатации.

Учитывая, уникальность каждой ИИС проблема сводится к вопросу обеспечения постоянного мониторинга за тенденцией изменения МХ ИИС и её компонентов в месте эксплуатации ИИС, использование полученной информации для корректировки МХ.

Один из важных путей решения этой задачи это развитие и усовершенствование методов самокалибровки и самодиагностики ИК ИИС.

Для многих ИИС характерен автономный режим, в метрологическом смысле, когда не может быть реализована её оперативная связь с вышестоящим в по поверочной схеме средствами.

Автономный режим использования ИИС является источником проблемы и централизации в системе обеспечения единства измерений.

Если для традиционно используемых средств привязка к эталону означает перемещение к листу его дислокации, то для автономного ИИС необходимо внутренне движение эталона к месту его перемещения.

Нужна разработка и совершенствование транспортных эталонов, необходимых для поверки и калибровки ИК ИИС.

При этом нужно учитывать эталоны, что транспортные эталоны часто будут использоваться в условиях, отличаются от условий, в которых они хранились и используются в государственной метрологической службе.

Вопросы о методах и необходимости использования транспортируемых эталонов решены должны быть на стадии разработки и испытания ИИС. При развитии ИИС появляются общие тенденции в развитии изменении техники:

1. Повышение точности, расширение номенклатуры измеряемых величин и измеряемых задач, расширение диапазонов измерений.

2. Обеспечение доступа потребителей к СИ высокой точности.

3. Обеспечение измерений в условиях воздействия жестких внешних факторов (высоких температур, давления, ионизирующие излучения и так далее). Расширение номенклатуры измеряемых величин в первой ИИС приводит к необходимости привязки ИИС к нескольким поверочным системам. Для решения вопросов самокалибровки нужно наличие в структуре ИИС встроенного эталона, что приводит к увеличению требований по точности к транспортируемым эталонам и практически выход в высшие звенья поверочной схемы. Нужно отметить, что в настоящее время есть две противоположные тенденции в развитии техники восприятия входных величин. В соответствии с первой точкой зрения максимальная операция формирования наиболее подходящая для данного преобразования нужно выполнять в ПИП. Применение интегральных технологий для изготовления чувствительных элементов создает благоприятные условия для производства интеллектуальных

датчиков, представляющих собой интегральную систему сбора и предварительной обработки результатов измерения. Такие датчики должны формировать сигналы, не требующие обязательного усиления и иметь слабую чувствительность к влияющим факторам. Учитывая необходимость установки таких датчиков на объекте, что в свою очередь увеличивает недостающей части ИИК, появляется необходимость в дальнейшем совершенствовании расчетно-экспериментальных методов определения МХ и их контроль.

Лекція 32. Інформаційно-обчислювальні комплекси ІВК.

Информационно вычислительные комплексы (ИВК)

1. Виды и составы ИВК

ИВК представляет собой автоматизированное СИ электрических величин на основе, которой возможно создание ИИС, путем присоединения к входу ИК, датчиков с унифицированным электрическим выходным сигналом и генерацией на основе программных компонентов ИВК, программ обработки информации и управление экспериментами.

ИВК представляет собой унифицированное ядро ИИС. ИВК создается методом проектной компоновки из системно сопряженных функциональных блоков и устройств, выпускаемых в составе агрегатных комплексов ИВК, произведенных серийно и прошедших испытание для целей утвержденного типа.

Основные признаки ИВК

- наличие НМХ;
- блочно-модульная структура, измерительные и вычислительные компоненты, которые являются серийно выпускаемыми, агрегатными СИ;
- наличие процессора или ЭВМ;
- программно-управляемые СИ;
- использование типовых интерфейсов для автоматизации и обеспечения взаимодействия между СИ.

По назначению ИВК делятся на:

- типовые которые служат для решения широкого спектра задач, автоматизации исследований, измерений и испытаний в области измерений;
- проблемные, предназначены для решения широко распространенных, но специфических для конкретной области применения задач;
- специализированные, предназначены для решения уникальных задач автоматизации измерений.

В состав ИВК входят технические и программные компоненты.

Технические компоненты делятся на:

- основные;
- вспомогательные.

Основные делятся на:

1. измерительные;
2. вычислительные компоненты;
3. меры текущего времени и интерфейс времени;

4. средства ввода и вывода цифровых и аналоговых сигналов.

Вспомогательные делятся на:

- блоки сопряжения, контроллеры;
- коммутаторы;
- специальные устройства буферной памяти;
- расширители интерфейсных линий;
- устройства расширения функциональных возможностей ИВК;
- источники питания для вспомогательных компонентов.

Технические компоненты должны удовлетворять следующим требованиям:

1. совместимость;
2. взаимодействие компонентов;
3. должен быть комплект нормативных характеристик.

Программные компоненты включают:

- системное программное обеспечение (ПО);
- общее прикладное ПО.

Системное ПО включает:

1. работа и диагностика режимов;
2. управление взаимодействием компонентов;
3. обмен измерительной информацией;
4. проверка работоспособности отдельных компонентов;
5. изменение и дополнение общего прикладного ПО.

Общее прикладное ПО включает:

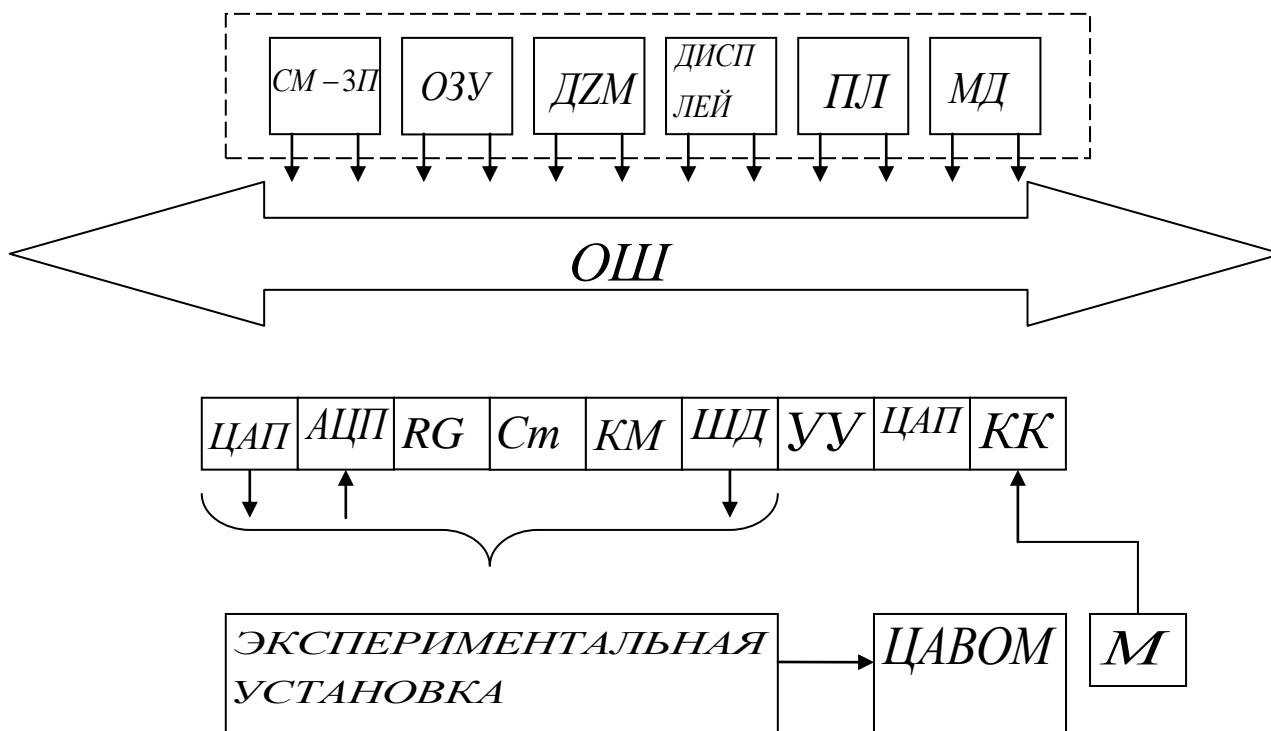
- типовые алгоритмы обработки измерительной информации;
 - типовые алгоритмы планирования эксперимента;
 - метрологическое обслуживание ИВК.
2. Основные варианты построения структурной схемы ИВК

Существует три варианта построения (магистрально-модульного) ИВК:

- 1) с магистралью приборного интерфейса и с использованием серийных автоматических приборов и устройств (ИВК 7, ИВК 8, ИВК 12, ИВК 15);
- 2) с магистралью в стандарте КАМАК (ИВК 2, ИВК 6, ИВК 16, ИВК 20);
- 3) с машинной магистралью с использованием системных унифицированных узлов (К 750, К 755, К 766).

По заказу Министерства приборостроения была разработана конструкция магистрально-модульного принципа с использованием унифицированного модуля и стандартных интерфейсов с микропроцессорной ЭВМ и МикроЭВМ. В основу этой концепции положен агрегатный комплекс, куда входят микроэлектронные средства электрических измерений, средства диспетчерского контроля, автоматизации и телемеханизации.

Рассмотрим на примере ИВК 3.



Базовый комплект СМ 3

В концепции принята трехуровневая организация ИВК.

Нулевой уровень (внутри корпусный) включает в себя малые программируемые контроллеры, выносные средства сбора и обработки информации, измерительные подсистемы на основе модулей и локальные регуляторы, также включает в себя внутри корпусный магистральный интерфейс, который является параллельным и асинхронным.

Первый уровень включает локальные измерительные комплексы и системы, управляющие ВК, осуществляющие получение, обработку, хранение и обмен информацией с нулевым и вторым номером. Внутрисистемный обмен информацией на это уровне между средствами расположенными компактно (до 20 м) осуществляется с помощью приборного магистрального интерфейса, выход на него из корпуса осуществляется применением соответствующего модуля сопряжения.

Второй уровень включает распределители ИВК и системы, средства системного обмена с нулевым и первым уровнем. Для внутрисистемного обмена на этом уровне используется магистральный системный интерфейс, выполненный по ГОСТ 2.6239-94.

Структурный ИВК 1 и ИВК аналогичны.

Рассмотрим структуры на примере ИВК 3, который содержит базовый комплект СМ 3, крейт КАМАК с набором функциональных и системных модулей, также цифровые амперметры, вольтметры и планшетные графопостроители. Базовый комплект СМ 3 состоит из процессора СМ-ПЗ, ОЗУ, алфавитно-цифрового печатающего устройства DZM, дисплея, накопителя на перфоленте и накопителя на магнитном диске.

Крейт КАМАК содержит следующие функциональные модули:

- два двухканальных АЦП и ЦАП;

- коммутатор;
- два модуля управления;
- шаговый двигатель;
- модули входных и выходных регистров;
- счетчики импульсов;
- контроллер крейта.

Интерфейс КАМАК предусматривает:

- 1) возможность построения систем с двумя и более уровнем централизации;
- 2) отдельные системы шин для управляющих и информационных потоков;
- 3) магистральную систему шин, работающую совместно с несколькими радиальными шинами;
- 4) параллельный поток, выполнение обмена информации;
- 5) синхронизованный обмен информации и работает с любой ЭВМ
- 6) унификация конструкции и питания.

Состоит из двух ступеней:

1 ступень – централизация и управление, обеспечивается в крейте.

2 ступень – централизация обеспечивается в ветви, которая объединяется 7 крейтов.

Возможно объединение нескольких ветвей. В крейте используется смешенная магистрально – радикальная система шин:

Особенности системы КАМАК:

1. модульный принцип построения, обеспечивающий возможность создания агрегатных комплексов;
2. конструктивная однородность системы, достигаемая унификацией нескольких конструкций для размещения функциональных блоков;
3. магистральная структура информационной связи между функциональными блоками.
4. применение программного управления (ПУ) обеспечивающую гибкость реализуемой системы алгоритмов.

Основной конструктивной единицей системы КАМАК являются модули, размещенные в одном крейте. Обмен информации в крейте происходит по горизонтальному (внутрикрейтовый) контуру и организуется контролером.

Обмен данных между крейтами, а также между ними и ЭВМ осуществляется по вертикали и организована центральным распределителем системы (ЦРС). Размещенные в крейте модули могут быть двух типов:

1. рабочие модули (М);
2. контролеры (К).

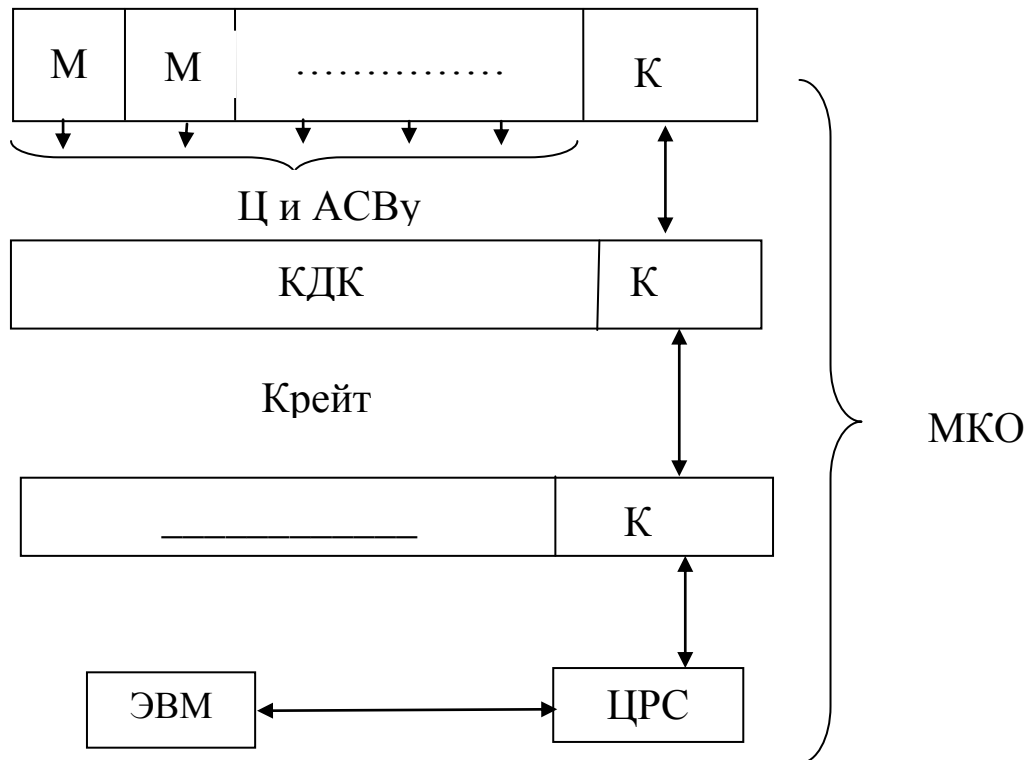
Обмен информации между рабочим модулем и К осуществляется через канал данных являющийся частью структуры крейта, в крейте размещается 25 модулей. К. крейта через 23 линии выборки позволяет осуществлять адресные обращения к отдельным модулям.

Для внутримодульной адресации служит магистраль состоящая из 4 субадресных шин, подходящих ко всем модулям.

Системные интерфейсы позволяют выделить 3 группы сигналов:

- данные;
- адрес;
- управление.

В зависимости от принятой структуры эти сигналы могут передаваться либо по одной линии связи (л.с) с временным разделением сигнала либо по своим выделенным линиям связи. Очень важно соблюдение временного соотношения (протокол обмена) между сигналами и магистралью.



- М – модули крейта;
 К – контроллер;
 КДК – канал данных крейта;
 ЦРС – центральный распределитель системы;
 ЦиАСВУ – цифровые и аналоговые сигналы внешнего управления;
 МК – межкрейтовый канал обмена.

Интерфейс КАМАК является по сути своей объединением нескольких интерфейсов. Неопределённое использование интерфейса КАМАК для создания простых и медленнодействующих систем.

Лекція 33. Визначення метрологічних характеристик програм, що обчислюють.

Определение МХ программ вычислителей

При метрологической аттестации алгоритмов исследуется три основные группы показателей:

1. точность;

2. устойчивость;
3. сложность.

Показатели точности характеризуют точность результатов полученных с помощью данного алгоритма при соблюдении выделенной модели входных данных.

Показатели надежности (устойчивость) характеризуют устойчивость по отношению к искаженным входным данным или помехам.

Показатели сложности определяется трудоемкость решения задачи при исполнении данного алгоритма (число элементарных операций обратных данных).

Цели аттестации алгоритмов состоит в выборе оптимального алгоритма для решения конкретной задачи (на этапе разработки системы).

Под МХ программы вычислителей подразумевают характеристики технических свойств программы, которые оказывают влияния на результат измерений и могут привести к дополнительным потерям измерительной информации.

Потери измеряемой информации могут быть обусловлены:

- 1) применение приближенных методов вычисления (не совершенствования метод алгоритма)
- 2) недостаточность экспериментальных данных поступающих на вход вычислительного компонента.
- 3) погрешностью округления результатов вычисления.

Одна и та же погрешность вычисления реализуется в одной и той же среде, в одной и той же операции, системе, на вычислительных компонентах одного типа не будет изменяться от экземпляра к экземпляру, то есть может быть сопоставлен с конкретной копией.

Изменение в программе могут возникнуть при смене вычислительных компонентов или операционной системы, когда существуют ограниченные вычисления (по времени счета, шаг дискретизации, число операций, то целесообразно использовать функции связи между МХ и этими ограничениями).

Функция связи имеет различный вид в зависимости, от типов применения алгоритмов получив их в процессе метрологической аттестации: зависимость на примере методическая погрешность от шага дискретизации можно выбрать значения параметров ограничения, при котором эта погрешность будет минимальной и рекомендуется данный алгоритм при полученных значениях параметрических ограничений.

Оценка МХ программ вычислителей может быть получена с помощью вычисляемых экспериментов, организация которых ассоциируется с методом «образцовой меры», либо с методом образцового прибора.

В первом случае на вход вычислительного компонента подают цифровые сигналы, которые имитируют работу аналоговой части системы.

Устройства, генерирующие сигналы их называют цифровым векторным имитатором. Требуемая последовательность числовых данных может быть образцовым путем обращения запоминающего устройства или воспроизведения программного средства ЭВМ по заданному алгоритму.

В любом случае поступающие на вход устройства сравнения числовые данные сравниваются с образцовым значением с требуемой точностью, однако в силу сложности такой эксперимент часто не целесообразно.

Метрологическая аттестация вычислительных произведений только вновь разрабатывается или ранее прошедшее аттестацию программ вычислителей. Повторная аттестация производится при смене вычислительного компонента.

Лекція 34. Особливості побудови програм, що обчислюють.

Лекція 35. Експериментальне визначення метрологічних характеристик (МХ) ВК.

Экспериментальное определение МХ ИИС

Проблема экспериментальных исследований метрологических свойств ИИС важна на стадии их разработки, изготовления и эксплуатации. Наибольшие трудности возникают при испытании макетов, когда априорная информация минимальна и нужно принимать решение о методах и средствах испытаний, а также о номенклатуре МХ (это важно также в том случае, когда доступ к системе затруднен).

Специфические особенности экспериментальных исследований:

- взаимное влияние каналов;
- пространственная распределенность ИК (эксплуатация в различных условиях);
- невозможность активно воздействовать на входы ИК (из-за конструктивных особенностей и сложности формирования испытательных сигналов).

Основные этапы экспериментального определения МХ ИК

I Подготовка к проведению эксперимента.

II Проведение эксперимента.

III Обработка полученных экспериментальных данных с целью определения МХ или аналитических выражений для их определения.

I Подготовка к экспериментальному определению МХ:

- изучение нормативной документации на систему, также исходной информации о системе, о ее свойствах и конструктивных особенностях, принципе действия, входных сигналах и внешних воздействиях. Для этого источником информации могут быть техническая литература, опрос экспертов, результаты предварительных экспериментов.
- разработать модель ИК и учесть перечень экспериментально определяемых МХ, а также уточнить этот перечень;
- установить вид эксперимента, провести выбор исследуемых точек по диапазону измерений и числа измерений в исследуемых точках;

- сформировать требования к методам, аппаратуре и условиям проведения эксперимента;
- установить факторное пространство и построить план эксперимента для оценки функции влияния.

В программе и методике аттестации системы излагают методы выбора исследуемых точек по диапазону измерений, также число измерений в контрольных точках, методы и режимы измерений, и получение пространственной выборки.

Специфические особенности подготовки эксперимента для ИИС

1. построение математической модели;
2. планирование эксперимента по определению внешних воздействий.

На этапе подготовки эксперимента строится качественная модель, которая должна отражать зависимость между входным и выходным сигналом, зависимость между входным сигналом и внешними воздействиями, чувствительность к внешним воздействиям, статический или динамический режим измерений и существенность случайной составляющей (неопределенности) погрешности.

Известно несколько видов описания измерительных каналов, наиболее распространенными являются детерминированные и стохастические методы и модели, построенные по этим методам.

Статистические методы (модели) описывают стандартные, т.е. не изменяющиеся во времени процессы.

Динамические модели описывают переходные процессы, т.е. не стационарные. И те и другие могут быть отнесены к детерминированным или стохастическим моделям.

Модели разделяются на:

2. непрерывные (аналоговые);
3. дискретные (цифровые).

Процесс построения ИК содержит следующие этапы:

1. составление содержательного описания;
2. построение формализованной схемы ИК;
3. построение уточненной модели ИК;
4. проверка адекватности модели ИК.

Содержательное описание может быть составлено в результате изучения нормативной документации с учетом накопленного опыта, наблюдений за функционированием аналоговой части ИК, либо в результате наблюдения процесса функционирования системы и качественного изменения ее характеристик.

Содержательное описание включает:

1. постановку задачи;
2. определение цели моделирования;
3. определения перечня искомых величин с указанием их практического назначения и требуемой точности их определения;
4. численные значения известных характеристик и параметров процессов.

На основе содержательно описания составляется уточненное описание метрологических характеристик.

Формализованная схема – это промежуточное звено между содержательным описанием и моделью, она создается только для сложных измерительных каналов.

Для построения формализованной схемы необходимо выбрать характеристики процессов, установить систему параметров, определяющих процесс преобразования с учетом всех факторов. На этапе построения формализованной схемы должна быть составлена точная математическая формула задачи исследования с указанием основного перечня искомых величин и оцениваемых зависимостей. Для преобразования формализованной схемы в математическую модель необходимо записать аналитическую формулу и все соотношения, которые не были учтены.

Рассмотрим в качестве примера построение математической модели учитывающей влияние внешних воздействий на примере ИК состоящего из линейных аналоговых компонентов, полагая, что изменением во времени можно пренебречь.

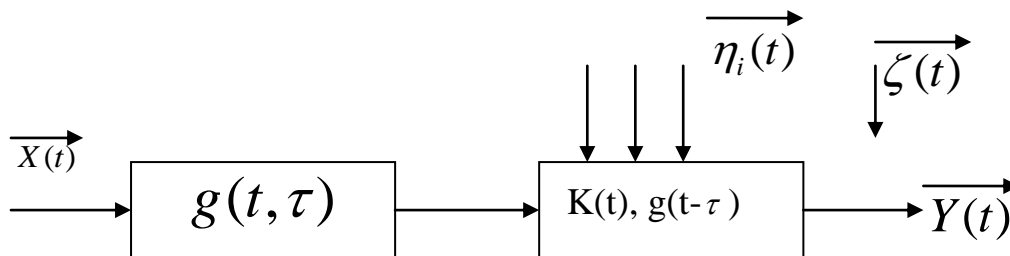
Интегральное соотношение $Y(t) = \int_{-\infty}^t g(t, \tau) \cdot x(\tau) d\tau$ связывает выходной сигнал

$Y(t)$ с основными характеристиками ИК, действующим на его вход сигналом $x(t)$ и внешними воздействиями.

Математическая модель ИК учитывает ограниченное число внешних факторов.

ИК находятся под влиянием внешних воздействий и описываются случайной импульсной переходной функцией, отражающей совокупность двух эффектов преобразования, а именно инерционности и стохастичности, которые можно рассматривать как действующие независимо.

Модель такого ИК можно представить в виде двух соединенных последовательно элементов, первый из которых определяет динамические свойства ИК, а второй является безинерционным преобразователем со случайным коэффициентом преобразования, который учитывает стохастичность.



Т.о. импульсная переходная функция ИК может быть представлена через импульсную переходную функцию:

$$g_1(t, \tau) = g_0(t - \tau) \text{ и } g_2(t, \tau) = K_0(t) \cdot \delta(t - \tau)$$

и в общем виде:

$$g(t, \tau) = \int_{\tau}^t g_2(t, \tau) \cdot g_1(t, \tau) d\tau = K_0(t) \cdot g_0(t - \tau)$$

где $g_0(t - \tau)$ – импульсная переходная функция ИК в нормальных условиях,

$K_0(t)$ – случайный коэффициент преобразования, учитывающий стохастический характер неконтролируемых воздействий,
 $\delta(t - \tau)$ – это дельта функция.

$K_0(t)$ может быть представлен суммой детерминированных и случайных составляющих.

$$K_0 = K_c + E(t)$$

где K_c – значение коэффициента преобразования в нормальных условиях,
 $E(t)$ – составляющая, учитывающая случайный характер коэффициента преобразования под воздействием внешних условий.

Обозначим множество внешних воздействий через $\sum_{i=1}^n \eta_i(t)$ и получим следующую модель ИК:

$$Y(t) = \left[K_0 + \sum_{i=1}^n a_i \eta_i \right] \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} g_0(t - \tau) \cdot x(\tau) d\tau + \sum_{i=1}^n b_i \eta_i(t)$$

где $\sum_{i=1}^n a_i \eta_i$ и $\sum_{i=1}^n b_i \eta_i(t)$ – это составляющая функции влияния, выраженные в виде разложенной в ряд Макларена функция влияния.

Такая модель пригодна для определения импульсной переходной функции, коэффициентов чувствительности функции влияния a_i и b_i , также для характеристик дополнительных неопределенностей показаний ИК, обусловленные воздействие внешних величин.

Для нормальных условий динамическая модель ИК может быть представлена в виде:

$$Y(t) = K_c + \int_{-\infty}^{+\infty} g_0(t - \tau) x(\tau) d\tau$$

Для статического режима, когда $\int_{-\infty}^{+\infty} g_0(t - \tau) d\tau = 1$ и нормальных условий, выходной сигнал можно записать в виде:

$$Y(t) = K_c + \sum_{i=1}^n a_i \eta_i(t) x(\tau) + \sum_{i=1}^n b_i \eta_i(t)$$

Для статического режима в нормальных условиях эксплуатации $Y = K_0 X$. Эта модель служит для определения неопределенности показаний ИК в нормальных условиях его использования.

Для проверки адекватности модели исследуемому процессу задаются критерии адекватности и проверяют по этому критерию совпадение значений сигналов на выходе ИК и численных значений полученных с математической модели при тех же входных воздействиях.

Процедура координации модели по критерию адекватности наиболее наглядна при применении методов планирования эксперимента.

Лекція 36. Сучасний стан розвитку ІВК

Современное состояние ИИС в развитии информационно измерительной техники рассматривается два направления:

- 1) создание законченных автономных приборов общего назначения традиционного исполнения;
- 2) разработка специализированной ИИС для обслуживания экспериментальных и производственных установок.

Будучи серийно выпускаемыми обычные приборы обладают более низкой стоимостью по сравнению с уникальными ИИС и обладают большей надежностью и сертифицированными МХ.

В тоже время обычные приборы традиционно отстают от ИИС по вычислительным возможностям и пользовательскому интерфейсу. Необходимость комплексного управления сложными экспериментальными и производственными процессами, потребность в обработке и документации больших массивов данных вместе с уникальностью определяет высокую стоимость ИИС.

Идеология и стандарт ПК первоначально задуманных как офисное оборудование, уверенно вошли в измерительную технику, трансформируя установленные подходы, и определяет новые структуры СИ.

Получили бурное развитие измерительной системы выполненной в виде плат расширения компьютера или в виде компактных выносных блоков.

Реализуемым становится подход, состоящий в максимальном приближении к датчику АЦП, преобразующий сигнал в цифровой код, удобный для дальнейшей обработки в цифровую форму с помощью аппаратно-программных средств в компьютерах, также выполняют все функции управления и корректировки ИИС. Соответственно возрастают требования и значения программного обеспечения его качества и функциональная наклонность, отлаженность и эффективность становятся одними из важнейших характеристик СИ.

Одной из важных тенденций в развитии традиционных приборов, входящих в состав ИИС, является то, что средства вычислительной техники занимают в ИИС все более высокое положение.

Лекція 37. Приклади сучасних ІВК

Особенностью обозначения ИИС на базе средств АСЭТ является то, что к номеру ИИС добавляется буква «К». К200, К484, К732 и т.д. Такие ИИС позволяют измерять в автономном режиме переменный ток в диапазоне $(10^{-2} \div 10^{-3})$ А,

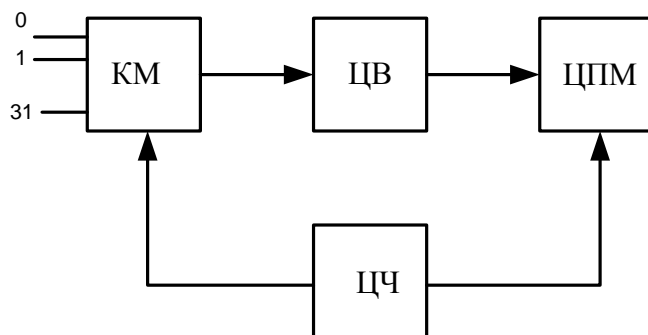
переменное напряжение ($-10^{-3} \div 10^3$)В, частоту до 10^8 Гц, температуру, усилие, имеют сопротивление изоляции до 10^8 Ом

Особенности ИИС на базе АСЭТ:

- это системы жёсткой структуры;
- это информационно – измерительные системы;
- имеют широкий диапазон контролируемых сигналов;
- сравнительно высокую точность измерения сигналов;
- невысокое быстродействие;
- эта система предназначена для решения задач автоматизации энергетических объектов и ряда специальных задач, а также для диагностики измерений.

К484

Предназначена для измерения постоянных напряжений в циклическом режиме. Упрощённая структурная схема представлена на рисунке 1.



КМ – коммутатор на 32 канала;

ЦВ – цифровой вольтметр;

ЦПМ – цифропечатающая машина;

ЦЧ – цифровые часы, для синхронизации КМ и процесса печати.

Рисунок 1 - Упрощённая структурная схема К484

К200

Предназначена для измерения напряжения постоянного тока в диапазоне ($10^{-3} \div 10^{-2}$). Возможно измерение сигналов термо – ЭДС.

К732

Предназначена для измерения сопротивления тензодатчиков или датчиков температуры по 128 каналам.

К400

Позволяет измерять температуру в 400 – х точках.